



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

NÁVRH MALÉ VODNÍ NÁDRŽE

THE DESIGN OF THE MULTIPURPOSE SMALL WATER RESERVOIR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Pavel Prokop

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Dr. Ing. PETR DOLEŽAL

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

| | |
|--------------------------------|---|
| Studijní program | B3607 Stavební inženýrství |
| Typ studijního programu | Bakalářský studijní program s prezenční formou studia |
| Studijní obor | 3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby |
| Pracoviště | Ústav vodního hospodářství krajiny |

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

| | |
|------------------------|----------------------------|
| Student | Pavel Prokop |
| Název | Návrh malé vodní nádrže |
| Vedoucí práce | doc. Dr. Ing. Petr Doležal |
| Datum zadání | 30. 11. 2016 |
| Datum odevzdání | 26. 5. 2017 |

V Brně dne 30. 11. 2016

prof. Ing. Miloš Starý, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Šálek, J., Mika, Z., Tresová, A. - Rybníky a účelové nádrže, SNTL 1989

Vrána, K. - Rybníky a účelové nádrže, ČVUT 2002

Vrána, K. - Rybníky a účelové nádrže, příklady, ČVUT 2002

Doležal, P. - BS07 - Projekt vodní hospodářství krajiny- studijní opora, 2006

ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Student vypracuje rešerši týkající se návrhu malé vodní nádrže. Lokalita bude upřesněna vedoucím práce. Práce bude obsahovat část textovou a grafickou. Textová část bude souhrnem poznání v problematice doplněná o posouzení možnosti návrhu malé vodní nádrže v konkrétní lokalitě, výpočty, grafické přílohy budou obsahovat přehlednou situaci, situaci objektů, podélný řez zátopou, vzorový profil hráze.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

doc. Dr. Ing. Petr Doležal
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se dělí na dvě hlavní části. První částí je rešerše, která se zabývá popisem problematiky návrhu malých vodních nádrží. Druhá část se věnuje zjednodušenému návrhu malé vodní nádrže v konkrétní lokalitě a obsahuje grafické přílohy, které doplňují představu ideového návrhu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Malá vodní nádrž, hydrotechnické výpočty, vodohospodářská bilance, hydrologické ztráty, sdružený funkční blok, spodní výpust, bezpečnostní přeliv

ABSTRACT

This bachelor thesis is divided into two main parts. The first part covers a classification of small water reservoirs and a necessary documentation for design of water reservoirs. Second part deals with the conceptual design of the small water reservoir in the specific area. This part also include graphic attachments.

KEYWORDS

Small water reservoir, hydrotechnical calculations, water balance, hydrological losses, combined function block, bottom outlet, emergency spillway

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Pavel Prokop *Návrh malé vodní nádrže*. Brno, 2017. 37 s., 9 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce doc. Dr. Ing. Petr Doležal

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 6. 5. 2017

Pavel Prokop
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl vyjádřit vděk všem, kdo mi pomáhali cennými radami a byli mi oporou při psaní této bakalářské práce, především pak panu doc. Dr. Ing. Petru Doležalovi za poskytnutí odborných rad a připomínek.

OBSAH

| | |
|--|-----------|
| ÚVOD | 1 |
| CÍL PRÁCE | 3 |
| 1 POPIS PROBLEMATIKY | 4 |
| 1.1 Rozdělení malých vodních nádrží..... | 4 |
| 1.1.1 Dělení dle ČSN 75 2410 | 4 |
| 1.1.2 Dělení dle polohy nádrže a typu hráze | 7 |
| 1.2 Podklady pro návrh malé vodní nádrže..... | 8 |
| 1.2.1 Geodetické podklady. | 8 |
| 1.2.2 Hydrologické a klimatické podklady | 8 |
| 1.2.3 Inženýrskogeologické, hydrogeologické a podklady | 9 |
| 1.2.4 Zákony, normy, metodické pokyny | 10 |
| 1.2.5 Ostatní..... | 11 |
| 1.3 Úpravy v nádrži a jejím okolí | 12 |
| 1.3.1 Úprava zátopy | 12 |
| 1.3.2 Úprava dna..... | 12 |
| 1.3.3 Úprava okolí nádrže..... | 12 |
| 2 NÁVRH MALÉ VODNÍ NÁDRŽE | 14 |
| 2.1 Popis lokality a použité podklady | 14 |
| 2.1.1 Popis lokality | 14 |
| 2.1.2 Použité podklady | 16 |
| 2.2 Technické řešení..... | 20 |
| 2.2.1 Hráz | 20 |
| 2.2.2 Sdružený funkční blok | 21 |
| 2.2.3 Zátopa | 21 |
| 2.3 Hydrotechnické výpočty | 22 |
| 2.3.1 Výběr místa..... | 22 |
| 2.3.2 Funkční objemy nádrže..... | 22 |
| 2.3.3 Vodohospodářská bilance | 23 |
| 2.3.4 Spodní výpust | 26 |
| 2.3.5 Bezpečnostní přeliv..... | 27 |
| 2.3.6 Délka předsunutého těsnícího koberce | 30 |
| 3 ZÁVĚR | 32 |
| 4 POUŽITÁ LITERATURA..... | 33 |
| SEZNAM TABULEK | 34 |
| SEZNAM OBRÁZKŮ | 35 |

| | |
|---|-----------|
| SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ | 36 |
| SEZNAM PŘÍLOH | 37 |

ÚVOD

Malé vodní nádrže doprovází člověka již od pradávna a vznikly určitě tam, kde bylo třeba zadržet vodu za nějakým účelem. První zmínky o rybnících se datují přibližně 2200 let př. n. l. a to v Číně. Již tenkrát v nádržích chovali Číňané ryby, zejména kapry [1]. Zprávy o stavbě vodních nádrží za účelem zachycení jarních záplav s úmyslem dalšího využití během vegetačního období se vyskytují z dob 2000 let př. n. l. v Egyptě a Mezopotámii. Této oblasti připisují dějepisci největší rozvoj v období okolo 600 př. n. l. I v Indii zachycovali přebytky vody v období dešťů pomocí vodních nádrží. V oblasti Madrásu je asi 50 000 nádrží, z větší části starověkého původu, tvořených zemními hrázemi, opatřenými základovými výpustmi a bezpečnostními přelivy [2]. Řekové a později Římané budovali na svém území cisterny, které sloužily jako zdroje pitné vody pro zásobování měst vodovody. Jako první vodovod na pitnou vodu je znám Aqua Appia. Tento akvadukt dlouhý 16,4 km byl vybudován roku 312 př. n. l. za účelem zásobení města Řím pitnou vodou. Mezi další slavné vodovody na tomto území patří např. Anio Vetus (265 př. n. l.) či Aqua Marcia (145 př. n. l.) dlouhý 91,6 km. Krom vodárenských staveb budovali v období 1 stol. n. l. také nádrže, v nichž byly chovány ryby.

Není příliš známým faktem, že první umělé nádrže vybudovali na našem území keltští prospektoři, kteří na Šumavě, na českomoravské vysočině a v moravském Podolí hledali zlato a další cenné kovy. Slované přicházející do střední Evropy ze severovýchodu v sedmém století, ryby nejen lovili, ale také je uchovávali ve stojatých vodách umělých jezírek či přehrazených slepých říčních ramen nebo potoků. Taková vodní díla se nazývají *stavy* a v Polsku se tento název stále používá pro označení rybníka nebo jezera [3]. První rybníky se budovali v pahorkatinách, kde bylo možné si pohodlně představit rozměry a tvar vodního díla. Menší rybníky budované v poměrně svažitém terénu dosahovali větších hloubek a byly vhodné pro uskladnění a přezimování ryb. Postupem času vedlo budování rybníků ke stále větším stavbám. To přeneslo stavbu do nížin a rovinatých území, kde docházelo k zatopení většího území. Tyto rybníky byly vhodnější k chovu ryb, protože disponovali malou průměrnou hloubkou. Díky tomu byly lépe ohřívány a následkem toho i oživené. Ve 13. století byly rybníky postupně zdokonalovány, stejně jako chov ryb. Objevují se na nich častěji spodní výpusti a s přesunem budování do nižších oblastí s větším povodím i bezpečnostní přelivy.

Největší rozmach stavby rybníku na území dnešní České republiky se datuje do období 15. a 16. století. V tomto období zde působilo několik významných stavitelů rybníků. Mezi nejznámější z nich patří Štěpánek Netolický. Autor zlaté stoky v letech 1505 až 1520 vyprojektoval a postavil kromě 45 km dlouhého umělého kanálu také spoustu rybníků hlavně na levém břehu řeky Lužnice. Jakub Krčín z Jelčan je dalším stavitelem zlatého období českého rybníkářství, jehož dílo navazuje na činnost Štěpánka Netolického. V roce 1571 založil rybník Nevdek (dnešní Svět). Mezi lety 1584 až 1590 vybudoval tehdy největší rybník Rožmberk, který se nachází přímo na řece Lužnici. V původním plánu se počítalo se zaplavenou plochou 1000 ha. V současnosti má rozlohu vodní plochy 489 ha a délku hráze přes 2400 m a je stále největším rybníkem v Čechách a jedním z největších ve střední Evropě. Za účelem povodňové ochrany rybníka byla současně s jeho výstavbou vybudována 14 km dlouhá Nová řeka, která má za úkol převést povodňové průtoky z Lužnice do Nežárky [4]. V těchto časech bylo jen na území Čech asi 25 000 rybníků. Technika chovu ryb se v podstatě zachovala až do současnosti.

Konec 18. století je počátkem masivního rušení rybníků. Za padesát let do roku 1840 byla zredukována velikost rybníční vodní plochy na území Čech o více než polovinu zejména z důvodu zemědělské činnosti. Celková plocha rybníků v roce 1840 byla asi 35 000 ha. V

roce 1904 byl tento ukazatel 43 934 ha, což odpovídalo 11 816 rybníkům. Od této doby je velikost plochy hladiny rybníků dlouhodobě stabilizovaná a v současnosti činí cca 49 000 ha, z toho asi 40 000 ha je v Čechách [5].

CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je seznámit čtenáře s problematikou návrhu malých vodních nádrží. Samotná práce se dělí na dvě hlavní části. V první části, psanou formou rešerše, příslušné kapitoly přehledně prezentují dělení malých vodních nádrží dle různých hledisek a všechny typy podkladů potřebných pro návrh malých vodních nádrží. Dále je zde popsáno, jakým způsobem se upravuje oblast zátopy a jejího okolí. Druhou část tvoří ideový návrh malé vodní nádrže v konkrétní lokalitě a to v k.ú. obce Poděšín v okrese Žďár nad Sázavou v kraji Vysočina. Návrh se skládá z části textové a grafických příloh. V textové části je popsán charakter lokality, použité podklady, technické řešení hráze, sdruženého funkčního objektu a zátopy. Hydrotechnické výpočty zahrnují např. zjednodušenou vodohospodářskou bilanci, či výpočty kapacit spodní výpusti a bezpečnostního přelivu. Představu o možném návrhu by měly podpořit grafické přílohy, které jsou zpracovány formou zjednodušené projektové dokumentace (studie) a jsou součástí této práce.

1 POPIS PROBLEMATIKY

Malá vodní nádrž je taková nádrž, která splňuje současně obě následující podmínky:

- objem nádrže po hladinu ovladatelného prostoru není větší než 2 mil. m³
- největší hloubka nádrže nepřesahuje 9 m [6]

1.1 ROZDĚLENÍ MALÝCH VODNÍCH NÁDRŽÍ

1.1.1 Dělení dle ČSN 75 2410

Zásobní nádrže

Zásobní nádrže akumulují možný podíl vody v době jejího nadbytku s možností jejího využívání v období nedostatku.

Vodárenské nádrže jsou určené k zásobování obyvatelstva, zemědělských provozů a služeb pitnou a užitkovou vodou.

Průmyslové nádrže slouží k zásobování průmyslových podniků užitkovou a provozní vodou.

Závlahové nádrže vytvářejí zásobu vody pro závlahu zemědělských plodin, lesních dřevin a městské zeleně.

Energetické nádrže vytvářejí zásobu vody pro energetické využití ve vodních elektrárnách.

Kompenzační nádrže zabezpečují zásobu vody pro zabezpečení požadovaných průtoků, resp. jakosti vody ve vodním toku pod nádrží.

Zálohové nádrže zabezpečují zásobu vody určenou pro případ selhání dodávky vody z normálního zdroje.

Retardační odvodňovací nádrže jsou určeny k zachycení, zlepšení jakosti a využití vody odtékající z odvodňovaných soustav.

Aktivizační nádrže využívají zásobu vody pro aktivizaci a zrovnoměnění odtoků a infiltrací ke zvýšení zásob podzemní vody v pramenných oblastech povodí.

Ochranné (retenční) nádrže

Ochranné retenční nádrže zachycují povodňové odtoky, transformují povodňové vlny a chrání území resp. objekty před negativními účinky velkých vod.

Suché ochranné nádrže vytvářejí vymezený ochranný prostor, který se plní při průchodu povodňových vod, snižují povodňový průtok a po průchodu povodňové vlny se řízeně vyprazdňují. Plochy v nádrži se běžně využívají k zemědělským, resp. lesnickým účelům.

Ochranné nádrže s malým retenčním prostorem transformují povodňovou vlnu a po jejím průchodu řízeně vyprazdňují prostor až po hladinu zásobního prostoru, který je využíván k různým účelům.

Protierozní nádrže plní řadu protierozních funkcí, zejména snižují podélný sklon údolí, plní funkci ochrannou, zachycují splaveniny, zvyšují půdní vlhkost v okolí nádrže a část vody převádějí infiltrací do podzemních vod.

Dešťové nádrže jsou určené k zachycení dešťových vod, jejich úpravě, krátkodobé akumulaci a dalšímu využití podle místních potřeb.

Vsakovací (infiltrační) nádrže se navrhují zejména k převedení srážkových vod vsakem do podzemních vod.

Nárazové nádrže jsou určené k vyrovnaní nárazových průtokových vln ve vzdálených profilech při řízení průtoku kompenzační nádrží.

Nádrže upravující vlastnosti vody (čistící nádrže)

Nádrže upravující vlastnosti vody (čistící nádrže) jsou určené k řízené úpravě, popř. změně fyzikálních chemických a biologických vlastností vody. Při čištění vody využívají především přírodní procesy úpravy a samočistící procesy probíhající ve vodním prostředí.

Chladicí nádrže jsou ploché nádrže určené k ochlazování oteplených vod z průmyslových a energetických zařízení.

Předehřívací nádrže tvoří mělké ploché nádrže využívající sluneční energii k ohřevu vody.

Usazovací nádrže slouží k zachycení splavenin (smyvů) přicházejících z povodí sedimentací.

Aerobní biologické nádrže s převažujícími aerobními čistícími procesy jsou určené k čištění znečištěných povrchových a odpadních vod. Dělí se na vysokozatěžované, nízkozatěžované a provzdušňované (oxidační).

Anaerobní biologické nádrže s převažujícími anaerobními procesy se využívají k čištění odpadních vod, zejména kampaňových producentů apod. Dělí se na průtočné nádrže s řízeným průtokem a akumulační.

Dočišťovací biologické nádrže tvoří nádrže rybníčního typu s rybí obsádkou, technologicky vybavené k dočištění mechanicko-biologicky čistěných odpadních vod.

Rybochovné nádrže (speciální rybníky)

Rybochovné nádrže (speciální rybníky) vytvářejí vhodné prostředí pro chov ryb. Podle ČSN 46 6800 je rybník umělá vodní nádrž určená především pro chov ryb s možností úplného a pravidelného vypouštění.

Výtěrové rybníky tvoří speciální travnaté nádrže určené k výtěru generačních kaprů metodou Dubraviovou.

Třecí rybníky tvoří malé mělké vodní nádrže rybníčního typu určené k hromadnému výtěru ryb a následnému odchovu plůdku.

Plůdkové předvýtažníky jsou ploché mělké rybníky určené k odchovu rychleného plůdku.

Plůdkové výtažníky (plůdkové rybníky) jsou rybníky určené k odchovu plůdku.

Výtažníky jsou rybníky používané k odchovu násad.

Komorové rybníky jsou rybníky používané k přezimování ryb.

Speciální komora je speciálně upravená nádrž vybavená umělým provzdušňováním určená k přezimování ryb.

Hlavní rybníky jsou určeny k odchovu tržních ryb.

Sádky jsou speciální nádrže určené ke krátkodobému přechovávání ryb.

Karanténní rybníky tvoří malé nádrže určené k dočasné izolaci ryb podezřelých z onemocnění, popř. ryb dovezených z jiných oblastí.

Hospodářské nádrže

Hospodářské nádrže tvoří speciální nádrže určené k plnění konkrétních vodohospodářských funkcí.

Požární nádrže vytvářejí potřebnou zásobu vody požadované jakosti, nezbytnou pro hašení požáru.

Nádrže pro chov vodní drůbeže tvoří ploché vodní nádrže rybníčního typu určené pro chov kachen a hus.

Nádrže na pěstování vodních rostlin (akvakultur) tvoří buď přirozené nádrže rybníčního typu, nebo pravidelné mělké ploché prismatické nádrže s řízeným průtokem, umožňující optimální rozvoj a pěstování vodních rostlin s případným využitím k čištění a dočišťování odpadních vod.

Napájecí a plavící nádrže jsou umělé vodní nádrže s možností snadného přístupu a vstupu hospodářských zvířat.

Výtopové nádrže tvoří nádrže pravidelného tvaru určené k závlaze výtopou luk, rýžovišť apod.

Speciální účelové nádrže

Speciální účelové nádrže tvoří vodní nádrže různého typu a uspořádání, určené pro konkrétní provozní potřeby a účely.

Recirkulační nádrže tvoří pravidelné těsněné a opevněné nádrže, umožňující recirkulaci vody v rámci průmyslového podniku.

Vyrovňovací nádrže jsou určené ke krátkodobému vyrovnání nerovnoměrnosti mezi přítokem a odběrem (odtokem) vody např. v závlahové síti, pod vodními elektrárnami se špéčkovým provozem, při závlahovém využití odpadních vod apod.

Přečerpávací nádrže jsou umělé vodní nádrže, převážně umístěné mimo tok, určené k akumulaci potenciální energie vody, k přečerpávání vody u čerpacích stanic apod.

Rozdělovací nádrže se využívají k vyrovnání a rozdělování průtoku vody např. v kanálové síti.

Splavovací nádrže (klauzury) tvoří malé vodní nádrže vytvářející zásobu vody nezbytnou k nadlepšení průtoku ve vodním toku při splavování dřeva (význam převážně historický).

Závlahové vodojemy tvoří nejčastěji prismatické opevněné a těsněné nádrže (na kopcích) sloužící ke krátkodobé akumulaci vody.

Asanační nádrže

Asanační nádrže se používají s asanací území narušeného lidskou činností, k zachycení a uskladnění látek poškozujících životní prostředí.

Záchytné nádrže tvoří malé vodní nádrže určené k zachycení, zejména havarijních úniků škodlivých látek (např. ropy prasklého vodovodu) s možností jejich odstranění a likvidace.

Skladovací nádrže jsou určené k bezpečnému skladování umělých materiálů a jejich následnému využívání, popř. zneškodnění.

Umělé laguny tvoří nádrže k dočasnému skladování tekutých materiálů (kalů, kejdy) a úpravě jejich fyzikálních vlastností.

Otevřené vyhnívací nádrže jsou opevněné a těsněné prismatické nádrže určené k uskladnění a anaerobnímu vyhnutí kalů, kejdy apod.

Rekreační nádrže

Rekreační nádrže jsou vodní nádrže určené k odpočinku, plavání a provozování vodních sportů, doplněné speciálním vybavením, upraveným přístupem do vody a specifickou úpravou okolí nádrže.

Přírodní koupaliště jsou určena výlučně k odpočinku, koupání a plavání.

Nádrže pro plavání a vodní sporty jsou určené navíc pro provozování vodních sportů (veslování, vodní lyžování, windsurfing apod.

Krajinotvorné nádrže a nádrže v obytné zástavbě

Krajinotvorné nádrže a nádrže v obytné zástavbě se navrhuje ke zlepšení ekologických funkcí a estetického účinku krajiny, sídliště, architektury, parku, apod. Jedná se o konstrukčně a tvarově rozmanitá uspořádání malých vodních nádrží s různým vybavením.

Hydromeliorační nádrže pomáhají optimalizovat vlhkostní poměry v krajině, vytvářejí příznivé podmínky pro rozvoj vegetace, zlepšení mikroklimatu, revitalizaci krajiny apod. Tyto nádrže vytvářejí důležitá refugia pro udržení určitých druhů živočichů a rostlin.

Okrasné nádrže tvoří víceúčelové vhodně situované a upravené vodní nádrže plnící estetický účel.

Okrasné nádrže v sídlištích a parcích plní estetickou funkci, zlepšují mikroklima, zvyšují estetický účinek architektury apod.

Návesní rybníky jsou speciální víceúčelové malé vodní nádrže, plnící funkci okrasnou, protipožární apod.

Umělé mokřady jsou určené ke zvýšení vlhkostních poměrů, úpravě jakosti vody, regulaci odtoku vody a jsou důležitou součástí biocenter.

Krajinotvorné nádrže a nádrže na ochranu bioty jsou malé vodní nádrže určené pro zajištění optimálních životních podmínek, zejména pro chráněnou faunu a floru [6].

1.1.2 Dělení dle polohy nádrže a typu hráze

Z hlediska polohy nádrže vzhledem ke zdroji vody

Průtočné nádrže jsou protékány průtokem, který odpovídá soustředěnému povrchovému odtoku v daném místě a okamžiku. Z toho vyplývá, že musí být vybaveny bezpečnostním přelivem (BP), pro převedení kulminačních průtoků.

Neprůtočné nádrže využívají regulace přítoku do nádrže, tudíž nemusí být vybaveny BP.

Z hlediska polohy hráze vzhledem k toku

Údolní nádrže mají většinou poměrně krátkou hráz situovanou napříč údolím.

Břehové nádrže jsou opatřeny dlouhou obvodovou hrází.

Boční nádrže jsou situovány mimo tok, ze kterého jsou však zásobeny vodou pomocí regulačního zařízení. Díky tomu přítok do nádrže není ovlivněn hladinou vody ve zdroji.

Z hlediska zařízení sloužícího k zadržení vody

Hrázové nádrže, jejichž hráz slouží ke vzdutí vodní hladiny.

Kopané nádrže, které jsou tvořeny výkopem celého, nebo podstatného objemu nádrže [5].

1.2 PODKLADY PRO NÁVRH MALÉ VODNÍ NÁDRŽE

Rozsah všech podkladů a požadovaná kvalita zpracování je závislá na několika faktorech, zejména na stupni projektové dokumentace (PD), na účelu nádrže a na složitosti místních podmínek.

1.2.1 Geodetické podklady.

K nižším stupňům PD např. na úrovni podnikatelského návrhu postačí mapy ZM 1:10 000, SMO 1 : 5 000, mapy katastru nemovitostí (KN, PK, EN), ZVHM 1 : 50 000 at' už v digitální, či tištěné podobě. Při řešení vodohospodářských studií můžeme využít mapové podklady jako ZABAGED, LPIS, rastrové ortofoto mapy apod. Ani tyto podklady však nejsou dostatečné pro zpracování dokumentace k územnímu řízení, pro stavební povolení nebo dokumentaci pro provedení stavby. Pro zpracování vyšších stupňů PD jsou nutné podklady, které vznikly na základě podrobného zaměření bodového pole řešeného území. Zaměření se standardně uvádí v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému BPV.

1.2.2 Hydrologické a klimatické podklady

Pro návrh a vodohospodářské řešení malé vodní nádrže jsou nutné standartní hydrologické údaje a další údaje se volí podle účelu nádrže, předpokládané kategorie vodního díla a podrobnosti vodohospodářského řešení. Podle ČSN 75 1400 mezi standartní hydrologické údaje patří:

a) základní hydrologické údaje:

- plocha povodí (A)
- dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí (Pa)
- dlouhodobý průměrný průtok (Q_a)
- m–denní průtoky (Q_m) (p-procentní Q_p)
- N–leté průtoky (Q_N) s dobou opakování $N = 1$ až 100 let

b) N–letý průtok s dobou opakování $N = 200$ let a 500 let

- c) teoretická povodňová vlna s dobou opakování kulminačního průtoku Q_N , kde $N \leq 500$ let
- d) pozorovaná povodňová vlna
- e) dlouhodobé průměrné průtoky určitých měsíců nebo sezon
- f) pozorované nebo odvozené časové řady průměrných denních, měsíčních, sezonních a ročních průtoků
- g) funkce překročení průměrných denních, měsíčních, sezonních a ročních průtoků za víceleté období.

Standardní hydrologické údaje pod body a) až c) se mohou poskytnout v libovolném profilu na toku, údaje pod body d) až g) se poskytují ve vodoměrných stanicích nebo v profilech, pro které lze použít metodu hydrologické analogie. Dlouhodobá průměrná roční výška srážek se řadí mezi klimatické údaje, stejně jako údaje o teplotách, výparu, směru a rychlosti větru. Zpracováním a ověřováním standardních hydrologických údajů je pověřen ČHMÚ, od kterého (mimo zjednodušené případy) je nutné informace získat nebo si je nechat ověřit. Pokud jsou výše na toku umístěny další nádrže, je dobré posoudit jejich případný vliv.

1.2.3 Inženýrskogeologické, hydrogeologické a podklady

Geologické a hydrogeologické podmínky jsou faktory, které výrazně ovlivňují bezpečnost a hospodárnost vodního díla. Při nedostatečně, nebo špatně provedeném průzkumu se vystavujeme riziku vzniku problémů při výstavbě, ke změnám v projektu (s tím související zdražení stavby) a problémům při provozu. Tyto následky bývají příčinami častých poruch.

Inženýrskogeologické podklady

Inženýrskogeologický průzkum studuje inženýrskogeologické poměry v místě hráze a v místech předpokládaných objektů. Stanovuje mechanické vlastnosti zemin a hornin a řadí je do geotechnických kategorií. Dále identifikuje vhodná naleziště zemin, nejlépe v zátopě nebo jejím nejbližším okolí, včetně jejich kvantitativního a kvalitativního posouzení. Dále tyto zeminy ze zátopy a podloží hráze zatřídí do tříd těžitelnosti.

Geotechnický průzkum slouží k získání údajů o vlastnostech a chování zemin podloží a tělesa hráze. K objasnění poměrů lokality zátopy (hráze a zemníku) se provádí geotechnický rozbor, který se skládá ze:

- stanovení zrnitosti
- stanovení vlhkosti, objemová hmotnosti
- stanovení plasticity – meze konzistence (I_p , w_L , ...)
- stanovení mechanických a pevnostních charakteristik (γ , ϕ , c , E_{def})
- zkoušky zhutnitelnosti – Proctor standard
- stanovení obsahu organických částic
- zatřídění zemin dle ČSN 72 1001 a 73 1001
- průběh skalního podloží

Hydrogeologické podklady

Hydrogeologický průzkum je důležitý hlavně pro zjištění kvantitativního a kvalitativního stavu podzemních vod. Důraz je kladen na nepropustnost dna nádrže a podloží hráze. U hráží se geologický průzkum provádí většinou kopanými sondami, jádrovými vrty, rýhami, popř. průzkumnými štolami či šachtami. Výstupem je obvykle nejen textová zpráva, ale také geologický profil. Výstupy dohromady prezentují skladbu a propustnost jednotlivých vrstev podloží, podmínky infiltrace, vliv prosakující vody na těleso hráze a jeho okolí a na stabilitu břehů nádrže. Geologické a hydrogeologické podmínky ovlivňují dispozici tělesa hráze, jeho tvar a umístění

1.2.4 Zákony, normy, metodické pokyny

Zákony

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) v platném znění

Zákon č. 20/2004 Sb., kterým se mění zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon 183/2006 Sb. Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon).

A další.

Vyhlášky

Vyhláška č. 471/2001 Sb., o technicko-bezpečnostním dohledu nad vodními díly.

Vyhláška č. 590/2002 Sb., o technických požadavcích pro vodní díla.

Vyhláška č. 195/2002 Sb., o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl.

Vyhláška 499/2006 Sb. Vyhláška o dokumentaci staveb.

Vyhláška 503/2006 Sb. Vyhláška o podrobnější úpravě územního řízení, veřejnoprávní smlouvy a územního opatření.

...

České státní normy

ČSN 73 0031 Spolehlivost stavebních konstrukcí a základových půd. Základní ustanovení pro výpočet.

ČSN 73 0033 Spolehlivost stavebních konstrukcí a základových půd. Základní ustanovení pro zatížení a účinky.

ČSN 73 0035 Zatížení stavebních konstrukcí.

ČSN 73 1208 Navrhování betonových konstrukcí vodohospodářských objektů.

ČSN 73 6503 Zatížení vodohospodářských staveb vodním tlakem.

ČSN 73 6506 Zatížení vodohospodářských staveb ledem.

ČSN 75 0250 Zatížení konstrukcí vodohospodářských objektů.

ČSN 75 0255 Výpočet účinků vln na stavby na vodních nádržích a zdržích.

ČSN 75 2310 Sypané hráze.

ČSN 75 2405 Vodohospodářská řešení vodních nádrží.

ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže.

ČSN P 75 0290 Navrhování zemních konstrukcí hydrotechnických objektů.

...

Technické normy vodohospodářské

TNV 75 2415 Suché nádrže.

TNV 75 2910 Manipulační řády vodních děl na vodních tocích.

TNV 75 2920 Provozní řády hydrotechnických vodních děl.

TNV 75 2931 Povodňové plány.

TNV 75 2935 Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních.

...

Metodické pokyny

Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí pro navrhování, výstavbu a provoz suchých nádrží. Věstník MŽP. 7/2001. Ročník XI. částka 7.

Metodický pokyn Ministerstva zemědělství č.j. 720/2003 k ošetřování, údržbě a ochraně vegetace na sypaných hrázích malých vodních nádrží při jejich výstavbě, stavebních změnách a provozu. 2003.

Metodický pokyn Agentury ochrany přírody a krajiny ČR ke stanovení minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích v souvislosti s provozem vodních elektráren a dalších podobných zařízení

A další.

1.2.5 Ostatní

Existují i jiné podklady, které se stanovují na základě průzkumů. Tyto průzkumy se běžně nedělají, ale jsou důležité u vybraných typů vodních nádrží. **Průzkum fytoцентриcký a zoocenotický** se provádí u vybraných nádrží přírodního charakteru, na posouzení fotocenózy a zoocenózy z hlediska rozmanitosti druhů, které mají souvislost s vegetací okrajů nádrže a okolí nádrže. Sleduje se výskyt řas, mokřadních rostlin a hydrobiologie toku. **Hospodářským a sociálním průzkumem** se získají podklady o hospodářských a sociálních poměrech a infrastruktuře zájmového území (povodí) zaměřené na upřesnění funkcí nádrží a zabezpečení podmínek pro jejich provoz.

Podcenění průzkumu, které se v praxi děje z důvodu ušetřit finanční prostředky, může vést k vážným potížím a poruchám.

1.3 ÚPRAVY V NÁDRŽI A JEJÍM OKOLÍ

Malá vodní nádrž je významným krajinným prvkem a při jejím návrhu je třeba postupovat s ohledem na zájmy ochrany přírody, zejména prvků ekologické stability krajiny. Po dokončení stavby je nutné provést technickou a biologickou rekultivaci dotčených ploch.

1.3.1 Úprava zátopy

Nedílnou součástí úprav nádrže, jsou úpravy zátopy, popř. okolí zátopy. V první řadě je nutné odstranit dosavadní stavby včetně materiálu z jejich případné demolice, který by mohl ohrožovat kvalitu akumulované vody. Ze zátopy se odstraní veškeré materiály zhoršující nebo znemožňující plnění funkcí nádrže. Jedná se zpravidla o obsahy silážních jam a skládky všeho druhu. V zátopě se vykácí stromy a keře, aby nenarušovali pozdější provoz nádrže. Vytěžení a následné využití ornice ze zátopy se řídí příslušným předpisem [13]. Je dobré ponechat 15 cm úrodné vrstvy, pro zlepšení úrodnosti dna. Úprava zátopy často zahrnuje úpravu konce vzdutí, v dnešní době oblíbenými mokřady, tůněmi, nebo alespoň upravenými litorálními zónami. Litorální zóny (pásma) zajišťují plynulý přechod mezi vodní plochou a okolím nádrže. Toto pásmo se navrhuje se sklonem dna 1:7 a mírnějším hloubka je max. 0,6 – 0,8 m. Plocha litorální zóny se ideálně pohybuje mezi 15 až 25 % z plochy hladiny stálého nadržení. Chrání břehy před vlnobitím, má ekologický i estetický význam. Tyto úpravy jsou vhodné i u rekonstrukcí stávajících nádrží.

1.3.2 Úprava dna

U malých vodních nádrží je vždy nutné zajistit odvodnění dna. Dno nádrže se vyspádává směrem k hlavní stoce. Hlavní stoka bývá nejčastěji lichoběžníkového profilu se šířkou ve dně 1 až 2 m, sklony svahů 1:2 až 1:3 a hloubkou kolem 1 m. Hlavní stoka prochází zátopou a ústí do výpustného objektu popř. do loviště (u nádrží rybníčního typu). Jedna varianta odvodnění dna je otevřenými sběrnými příkopy, které jsou navrženy k odvodnění lokálních depresí. Sběrné příkopy se navrhuje obvykle lichoběžníkové se šířkou ve dně 0,3 až 0,6 m a hloubkou 0,6 až 0,8 m. Druhou variantou je plošná drenáž (sklon 2%) popř. kombinace obou variant. Rozchody drenů či odvodňovacích příkopů se navrhuje dle ČSN 75 4200.

1.3.3 Úprava okolí nádrže

Úprava okolí nádrže představuje jednak úpravu bezprostředního okolí nádrže, ale také souhrn opatření v rámci povodí nádrže. Okolo nádrží se nechává ochranný pás vegetace. Ten slouží zejména k omezení smyvu do nádrže. V rámci povodí nad nádrží úpravy obnáší zejména změnu přístupu uživatelů zemědělské půdy a omezení možných zdrojů znečištění vody v nádrži, nebo jejím přítoku. Mezi opatření omezující erozní smyv z povodí patří zejména organizační (rozdělení velkých celků na menší, zalesnění pozemků, zatravnění údolnic, pásové střídání plodin), agrotechnická (orba ve směru vrstevnic, ponechání posklizňových zbytků, setí do strniště, změna osevního postupu) a technická opatření (realizace průlehů, příkopů, vsakovacích pásů).

Tab. 1.3: Přehled revitalizačních opatření a jejich účinky dle přílohy C, ČSN 75 2410

| Revitalizační zásah | Změny, které zásah vyvolá | Účinky revitalizace |
|---|--|---|
| Obnova litorálního pásma, vytvoření ostrovů, mokřadních ploch a tůní | Vymezení plochy pro rozvoj litorálního pásma (min. 15 % až 18 % plochy nádrže) | Posílení ekologické funkce nádrže a začlenění do krajiny |
| Revitalizace navazujícího úseku vodního toku, vytvoření sedimentační tůně na přítoku | Snížení zanášení nádrže sedimentem | Posílení ekologické funkce nádrže a začlenění do krajiny, omezení eutrofizace a zanášení nádrže |
| Odstranění sedimentů | Zvětšení akumulačního prostoru | Dosažení původních nádržních prostor |
| Úprava dna nádrže | Odstranění prohlubní zaplněných organickým kalem, vystokování dna | Snížení trofie vody, zlepšení složení rybí obsádky (omezení výskytu invazních druhů ryb) |
| Úprava břehové linie | Návrh a výsadba doprovodné vegetace podle odpovídajícího vegetačního stupně | Posílení ekologické funkce nádrže, posílení biodiverzity a lepší začlenění do krajiny |
| Zatravnění pásu o šířce minimálně 20 m po obvodu nádrže | Vytvoření bariéry před eutrofizací a zanášením nádrže | Omezení eutrofizace a znečištění nádrže |
| Odstranění migračních bariér na vodním toku - zprůchodnění odběrných objektů u bočních nádrží | Zajištění migrační propustnosti vodního toku a trvale udržitelného rozvoje vodních živočichů | Posílení biodiverzity a ekologické funkce vodního toku |
| Opatření k omezení transportu sedimentů v povodí nádrže | Organizace povodí z hlediska protierozní ochrany | Posílení výše uvedených funkcí, omezení zanášení nádrže sedimentem |

2 NÁVRH MALÉ VODNÍ NÁDRŽE

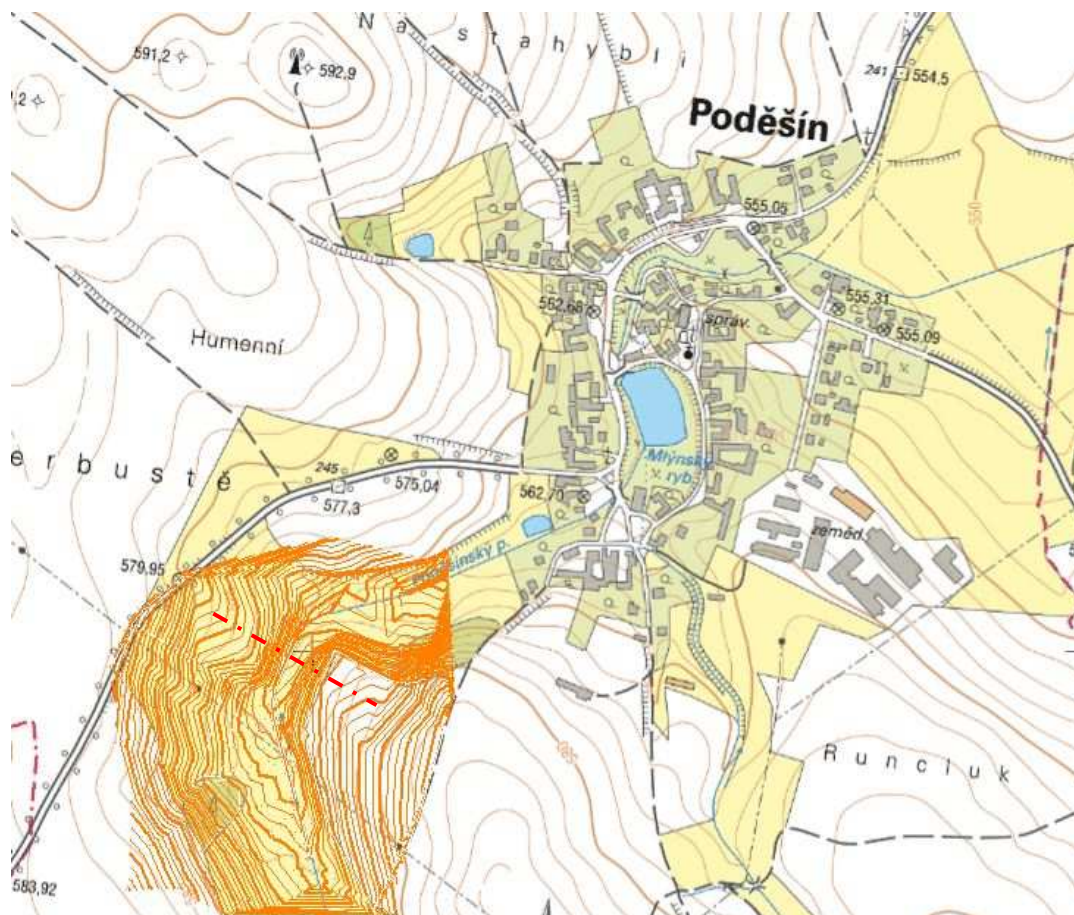
2.1 POPIS LOKALITY A POUŽITÉ PODKLADY

V této kapitole se seznámíme charakterem zájmového území z různých hledisek. V praxi se této části věnuje průvodní zpráva, která vychází z použitých podkladů. V našem případě se jedná o zjednodušenou průvodní zprávu.

2.1.1 Popis lokality

Identifikační údaje

Zájmová lokalita (49,50339N;1579424E) se nachází v katastrálním území obce Poděšín. Poděšín je malá vesnice s 258 obyvateli. Najdete ji uprostřed Českomoravské vrchoviny v okrese Žďár nad Sázavou, kraj Vysočina, přibližně na poloviční vzdálenosti mezi Žďárem nad Sázavou a Jihlavou. Katastrální území má rozlohu 687 ha a průměrnou nadmořskou výšku 562 m n. m.



Obr. 2.1.1.1: Zájmové území v mapě ČHMÚ

Regionální členění

Dle regionálního členění se území nalézá v hydrogeologickém rajónu č. 6520 – Krystalikum v povodí Sázavy. Z hlediska regionálně-geologického členění Českého masivu přísluší území do moldanubické oblasti a nachází se v jednotce strážeckého moldanubika. Strážecké moldanubikum je reprezentováno sedimentárně-vulkanogením komplexem hornin. Podložní horniny tzv. monotónní skupiny vystupují především v centrální části strážeckého moldanubika a jedná se převážně o biotitové migmatizované a granitizované ruly, biotitové ruly s kyanitem a magmatické cordieritové ruly s vložkami granulitů, amfibolitů, erlanů krystalických vápenců a ultrabazik. Hojný je i žilný doprovod pegmatitů a aplitů. Pokryvné útvary jsou při bázi depresí, kterými protékají vodní toky tvořeny fluvialními sedimenty široké škály zrnitosti. Sedimenty v daných morfogenetických podmínkách nedosahují významnějších mocností (jedná se o mocnosti řádově v metrech). Na svazích jsou zastoupeny pokryvné útvary deluviálními zeminami, při úpatí strmějších svahů se v některých místech objevují zahliněné kamenité sutě [7].

Klimatické poměry

Zájmové území leží v klimatickém okrsku mírně teplém, velmi vlhkém, vrchovinném. Charakteristické průměrné klimatické hodnoty:

Tab. 2.1.1.1: Průměrná měsíční teplota vzduchu t (1901-1950) [°C]

| měsíc | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | rok |
|-----------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|------|-----|
| Přibyslav | -3.5 | -2.2 | 1.6 | 6.3 | 11.8 | 14.7 | 16.6 | 15.5 | 12.1 | 7.2 | 1.9 | -1.7 | 6.7 |

Tab. 2.1.1.2: Průměrný měsíční úhrn srážek (1901-1950) [mm]

| měsíc | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | rok |
|-----------|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|-----|
| Přibyslav | 44 | 37 | 37 | 49 | 63 | 73 | 86 | 77 | 53 | 52 | 44 | 45 | 660 |
| Polná | 42 | 34 | 34 | 45 | 62 | 75 | 84 | 76 | 50 | 47 | 43 | 40 | 632 |

Tab. 2.1.1.3: Průměrná měsíční relativní vlhkost a (1926-1950) [%]

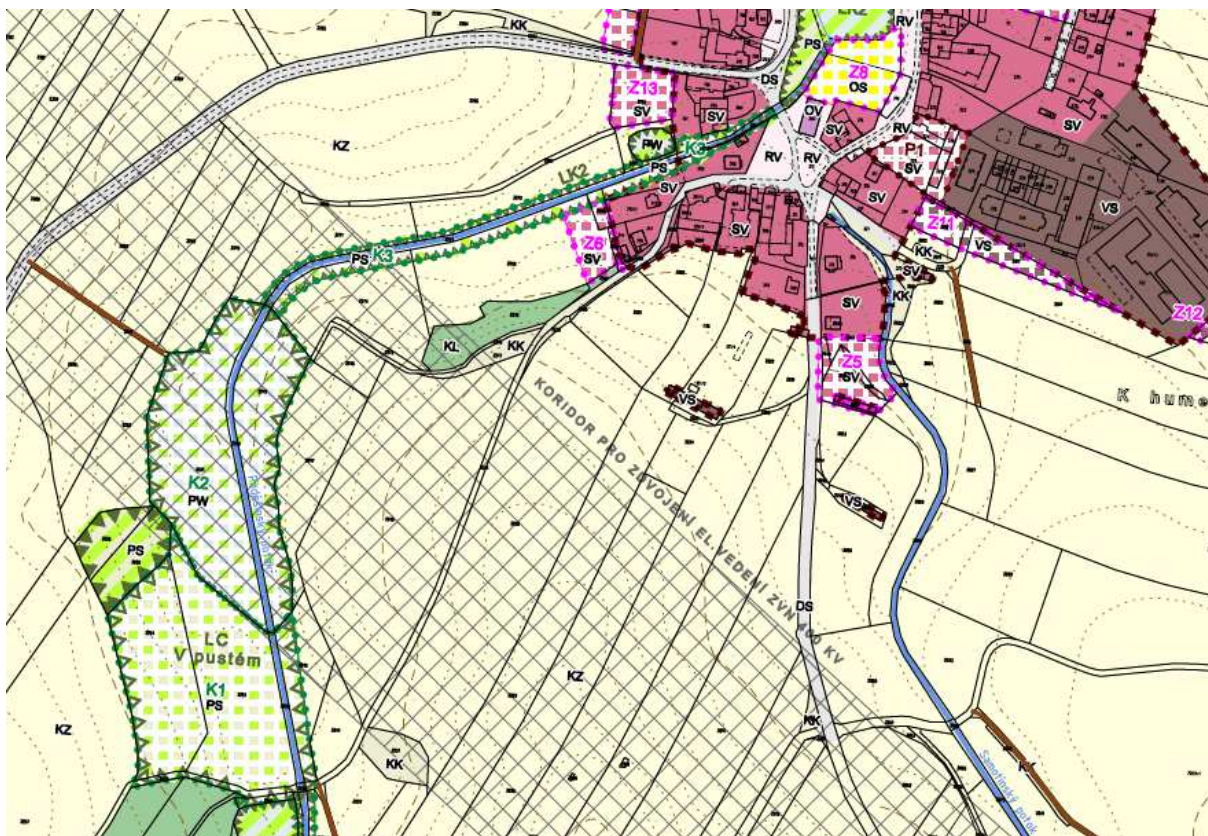
| měsíc | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | rok |
|----------------|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|-----|
| Havlíčkův Brod | 82 | 76 | 66 | 57 | 55 | 55 | 55 | 56 | 58 | 67 | 79 | 84 | 66 |

Převládající směr větru je severozápadní a západní.

Údaje o existujících podzemních a nadzemních vedeních

Bylo zjištěno, kde a jakým způsobem je zájmové území dotčeno podzemním a nadzemním vedením a jejich ochrannými pásmy.

Středem zájmového území prochází nadzemní el. vedení VVN 400 kV ve správě E.ON Česká republika, to však, dle vyjádření správce sítě, není s navrhovanou stavbou v kolizi.



Obr. 2.1.1.2: Výstřížek z hlavního výkresu územního plánu obce

Na ploše navrhované na vybudování vodní nádrže a hráze bylo v minulosti vybudováno odvodnění pozemků systematickou drenáží, která byla vyústěna do toku. Odvodnění je v majetku vlastníka pozemků. V prostoru hráze bude třeba drenáž vysondovat a odstranit.

2.1.2 Použité podklady

Mapové podklady

Pro návrh byla použita digitální mapa s bodovým polem zaměřeným polohově i výškově. Mapu tvoří také vrstevnicový systém s vrstevnicemi po 0,5 m.

Pro zjištění majetkoprávních vztahů byla vyhotovena kopie katastrální mapy na Katastrálním úřadu pro Vysočinu, katastrální pracoviště Žďár nad Sázavou. Dále byly zjištěny vlastnické vztahy k dotčeným parcelám ze souboru popisných informací vedeném na KÚ pro k.ú. Poděšín.

Dále byly použity státní mapy v měřítku 1:50 000 a 1:10 000, ZVHM 1:50 000 a územně plánovací dokumentace.

Dokumentace je vypracována v souřadnicovém systému S-JTSK a ve výškovém systému Balt po vyrovnání.

Hydrologické podklady



Obr. 2.1.2.1: Hydrogeologický rajón č. 6520 - Krystalinikum v povodí Sázavy

vodní tok: Poděšinský potok

číslo hydrologického pořadí: 1 - 09 - 01 - 010

plocha povodí: $A = 3,94 \text{ km}^2$

dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí je 728 mm

Tab. 2.1.2.1: N-leté průtoky

| N [let] | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 |
|----------------------------------|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| průtok [m^3/s] | 2.6 | 3 | 3.9 | 4.8 | 5.9 | 7.7 | 9.5 |

Tab. 2.1.2.2: M-denní průtoky

| M [dní] | 30 | 60 | 90 | 120 | 180 | 270 | 330 | 355 | 364 |
|--------------|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| průtok [l/s] | 114 | 76 | 57 | 45 | 30 | 17 | 10 | 6.5 | 4 |

Geologické podklady

Geotechnicky je území jako celek mírně sklonité, bez nebezpečí vytváření sesuvných pohybů. Pokryvné útvary jsou pod vrstvou půdy o malé mocnosti tvořeny deluviálními zeminami, ty rychle přecházejí do eluvia migmatitických rul a migmatitů mající charakter konsolidovaných písčitých a hlinitopísčitých zemin. Jak deluviální pokryv, tak ani eluvium ruly na lokalitě nedosahují významných mocností a jsou uloženy pod mírným úklonem. Kvalita pokryvu,

eluvia i vlastního skalního podloží, v kontextu s morfologií terénu nevytvářejí předpoklad k negativním geodynamickým projevům.

Základové poměry v podzákladí projektované hráze jsou dokumentovány sondami S-1 až S-4. Sondy S-1 a S-2 byly odvrtny v prostoru pravobřežní poloviny hráze, sonda S-3 v centrální části – v prostoru umístění sdruženého funkčního bloku, sonda S-4 dokumentuje poměry v levobřežní straně hráze.

Založení hráze je projektováno do prostoru morfologického přiškrcení údolí. Údolí je v těchto místech zúženo a v úbočích tak lze předpokládat výskyt skalního podloží ne příliš hluboko pod povrchem. Geologický profil pod hrází rybníka má odlišnou stavbu v centrální části údolí a v úbočích údolí.

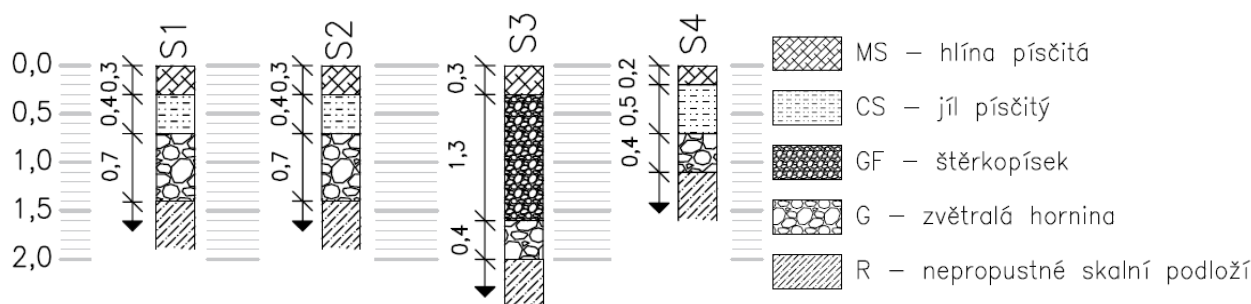
V centrální části podél toku Poděšínského potoka je pokryv tvořen při povrchu holocenními náplavy. Sondáž byla ověřena má mocnost vrstvy holocenních náplavů – sondou S-3 byla zjištěna mocnost náplavových sedimentů vč. půdy 1,6 m. S ohledem na pozici sondy se bude zjištěná hodnota blížit hodnotám maximálním. Důležitým faktem z hlediska zakládání hráze je zjištění, že v centrální části je podloží, kromě 0,3 m mocné nejsvrchnější vrstvy, až do hloubky 1,6 m budováno propustným náplavovým štěrkopískem třídy G3 G-F. Přítomnost propustné vrstvy v podloží klade důraz na volbu technicko-konstrukčních opatření ke zvládnutí průsakových poměrů podloží hráze. Směrem do úbočí se bude mocnost náplavů postupně snižovat až do vyklínění vrstvy.

Pod vrstvou náplavových štěrkopísků v hloubce 1,6 až 1,7 m, byla dokumentována tenká mezivrstvička štěrkovitých jílu písčitých tř. F4 CS. Písčité jíly se štěrkem jsou deluviální, spíše však deluvio-fluviální, geneze. Z hlediska vodonepropustnosti mají příznivé vlastnosti, nedostatkem je jejich malá mocnost. Tato vrstvička tvoří přechod mezi náplavovými zeminami a podloží tvořeným, stejně jako v sondách vrtaných v úbočích, kamenitou sutí, která rychle přechází do pevnějšího, ruční soupravou neprovtatelného, skalního podloží.

V úbočích pak je vrstva pokryvu tvořená výhradně zeminami diluviálními (svahovinami). Na pravobřežní straně jsou svahoviny při povrchu zastoupeny písčitou hlínou tř. F3 MS, směrem do podloží mají zeminy jílovitější podobu. V podloží připovrchové vrstvy písčité hlíny byla v sondě S-1 dokumentována poloha středněplastického jílu s příměsí písku tř. F6 CI a v sondě S-2 poloha písčitého jílu tř. F4 CS. Z geotechnického hlediska se jedná o zeminy velmi blízkých vlastností, lišícími se pouze málo podstatným rozdílem poměru jemnozrnných a písčitých částic. Mocnost deluviálního pokryvu, tvořena výše uvedenými zeminami, se směrem nahoru, do úbočí postupně snižuje. Z hlediska propustnosti, resp. nepropustnosti, mají zeminy tř. F6 CI a F4 CS příznivé vlastnosti. V podloží vrstvy těchto zemin byla navrtána 0,1 až 0,6 m mocná vrstva hlinitokamenité svahové suti. Suť je tvořená úlomky zvětralého skalního podloží (migmatitické ruly), prostory mezi úlomky jsou vyplněny jílovito-písčitou, na samém podloží jen písčitou zeminou. V hloubce 1,4 m, v případě obou sond, již nebylo podloží ruční vybrační soupravou provrtatelné. Tato skutečnost byla vyhodnocena jako navrtání povrchu skalního podloží v méně zvětralé, pevnější podobě. K tomuto závěru napomáhá i podoba georeliéfu v místě a okolí prováděných průzkumných prací.

Na levobřežní straně byly sondou S-4 zjištěny podobné poměry jako v pravobřežním svahu. Při povrchu se nachází cca 0,2 m mocná vrstva půdy tvořena slabě organickou písčitou hlínou a pod vrstvou půdy byly dokumentovány svahoviny jílovité a jílovito-písčité povahy, které nehluboko pod terénem, v hloubce 0,7 m, nasedají na svahové sutě. Svahové sutě mají podobu kamenité, níže štěrkovité zeminy a od hloubky 1,1 m od úrovně terénu jsou ruční

soupravou neprovrtnatelné, což bylo vyhodnoceno, stejně jako v ostatních sondách, jako přítomnost povrch skalního podloží v pevnější, méně zvětralé podobě.



Obr. 2.1.2.2: Geologické sondy

Jak na pravém, tak i na levém svahu byly v prostoru projektované stavby hráze zjištěny základové půdy, které kvalitativně i filtračně vyhovují kritériím pro umístění základových spár hrází MVN.

Diametrálně odlišné podmínky však byly zjištěny v centrální, z hlediska funkčnosti a spolehlivosti nejdůležitější, části hráze. Sondou S-3 byla v podloží zjištěna přítomnost drenážně účinných základových půd – náplavových, jen slabě zahliněných štěrkopísků tř. G3 G-F. Tato propustná štěrkopísková vrstva tvoří v místě sondy podstatnou část vertikálního profilu základových půd a je kryta tenkou vrstvou zemin, které mají z filtračního hlediska rovněž nepříznivé vlastnosti. Lze předpokládat, že směrem do obou úbočí se bude postupně vyklíňovat. Přítomnosti této propustné vrstvy musí být při zakládání hráze věnována zvláštní pozornost z důvodů hrozících průsaků podložím hráze. Průsaky podložím hráze v údolích, ale i na svazích, způsobují nejen ztráty vody z nádrže, ale bývají příčinou jejich častých poruch.

Z hlediska únosnosti je pro založení sdruženého funkčního bloku příhodná již vrstva štěrkopísků dokumentovaná v sondě S-3 od hloubky 0,3 m do 1,6 m. Zakládat sdružený objekt lze i do kamenité zeminy v úrovni 1,7 až 2,0 m. Zcela spolehlivou základovou půdu pro založení sdruženého objektu představuje ručně neprovrtnatelné podloží zjištěné v hloubce okolo 2,0 m. Základové poměry v místě výpustního objektu jsou jednoduché, po stránce technické by tedy s ohledem na únosnost zemin a úložné poměry neměl být problém.

Svahové (deluviální) zeminy mají na lokalitě připovrchu hlinito-písčité, postupně směrem do podloží jílovito-písčité charakter a z hlediska použitelnosti na hutnění homogenních hrází malých vodních nádrží jsou vhodné až velmi vhodné. Výskyt těchto zemin byl potvrzen v sondách odvrtných na úbočích v linii hráze (sondy S-1, S-2 a S-4) a rovněž sondou S-8, odvrtnou v zátopě nádrže na přechodu ploché báze deprese do pravostranného úbočí.

Nejvhodnějšími zeminami pro hutnění projektované hráze však z hlediska kvalitativního i z hlediska homogenity materiálu a jeho vlhkosti a konzistence jsou svahové (deluviální) hlinito-písčité a jílovité až jílovito-písčité zeminy, které se nacházející v povrchové vrstvě na obou úbočích deprese. Průzkumnými pracemi bylo ověřeno, že mají charakter zemin tříd F3 MS (hlína písčitá), F6 CI (jíl se střední plasticitou – s příměsí písku) a F4 CS (jíl písčitý).

Při posuzování vhodnosti zemin do navrhovaného násypu hráze vodní nádrže je třeba se řídit příslušnými ustanoveními ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže. Nevhodné zeminy v podloží hráze, které by nevyhovovali z hlediska únosnosti po zatížení vybudovaným hrázovým tělesem, bude třeba z podloží odstranit (zeminy organogenního původu měkké konzistence, zbytky organických sedimentů apod.). Rovněž tak bude třeba ze zemin do násypu hráze vyloučit ty zeminy, které nejsou vhodné dle ČSN 75 2410. Zakládání sdruženého funkčního

bloku se předpokládá v údolních sedimentech s tím, že dle skutečných poměrů bude třeba neúnosnou zeminu z podloží objektu odtěžit až na únosný podklad. Neúnosná zemina se vymění nahutněním zeminy vhodné do tělesa hráze.

Pro výkopové práce se počítá se zatříděním z hlediska těžitelnosti – tř. 1-2 ... 100 %.

Hladina podzemní vody je volná nebo jen mírně napjatá, bez tlakových projevů a účinků a víceméně sleduje terén. Režim oběhu je v připovrchové části výhradně průlinový, v hlubších úrovních pak průlinovo-puklinový. Nejčastějším způsobem odvodnění tohoto mělkého oběhu podzemních vod je skrytý příron do vodoteče.

Stavbou nádrže a jejích objektů nebude zásadní měrou dotčen režim podzemních vod ani režim hydrogeologických objektů (jímacích objektů) v širším okolí. Hladina podzemní vody ve výkopech se předpokládá v úrovni asi 1,0 m pod úrovní terénu. V průběhu zakládání výpustního objektu je třeba počítat s čerpáním vody ze stavební jámy.

Viz. Příloha 3. Podélný profil hráze

2.2 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Celkový popis stavby:

- Účel: víceúčelová malá vodní nádrž
- Plocha nádrže: 1,9 ha
- Objem maximální: 23500 m³
- Objem stálého nadržení: 16500 m³
- Hladina koruny hráze: 573,0 m n. m.
- Hladina maximální: 572,5 m n. m.
- Hladina stálého nadržení (kóta BP): 572,1 m n. m.

2.2.1 Hráz

V oblasti základové spáry hráze bude sejmuta vrstva zeminy o tloušťce 0,5 m. Navržená výška hráze je 5,0 m, kvůli prostorovému uspořádání vhodného profilu pro stavbu hrázového tělesa a konce vzduť, omezeného nádrží umístěnou výše po toku. Koruna v ose hráze je na kótě 573,0 m n. m. a je odvodněna ve sklonu 2 % směrem k vzdušnému líci. Jedná se o homogenní zemní hráz s předsunutým zemním těsnícím kobercem. Jako velmi vhodný materiál pro stavbu tělesa hráze se jeví písčitý jíl (CS), jehož množství se vyskytuje v zátopě v dostatečné míře. Tento materiál bude využitý i pro stavbu předsunutého zemního těsnícího koberce tloušťky 0,7 m, který prodlouží křivku průsaku vody podložím nepříznivého geologického složení a tím zpomalí průsakovou rychlost na přípustnou hodnotu. Délka koberce je stanovena výpočtem a zvětšuje se s rostoucí hloubkou vody. Koberec bude krytý vrstvou nenamrzavé zeminy tl. 0,6 m. Kromě předsunutého koberce prodlouží průsakovou křivku i zavazovací zámek, který má mimo jiné i stabilizační účinky. Zámek je zavázaný 1 m pod původní terén, v základové spáře má šířku 3 m po celé délce hráze. Tvar příčného profilu hráze je lichoběžník se sklonem návodního líce 1:3,5 a sklonem vzdušního líce 1:2. Koruna má šířku 3,5 m a je chráněna zatravněním stejně jako vzdušný svah. Pod vzdušným svahem je veden patní drén DN 200, v nezámrazné hloubce konkrétně 0,9 m pod úrovní původního terénu. Patní drén je obsypán dobře propustným materiálem. Ochranu proti sufozi, zajistí jedna vrstva filtru (frakce 0 – 32 mm) tl. 0,2 m. Důležité je, aby byly při výstavbě dodrženy

konstrukční zásady návrhu drenážního prvku (obr.xx). Patní drén stahuje průsakovou vodu z tělesa hráze a jeho nesprávné navržení se může snadno stát příčinou poruchy. Návodní svah je opevněn kamenným záhozem tl. 0,3 m uloženém na dvouvrstvém filtru celkové tloušťky 0,4 m. Opevnění je opřené do lichoběžníkové záhozové patky zlomového kamene.

2.2.2 Sdružený funkční blok

Jednoduchý jednopatrový sdružený funkční blok se skládá z bezpečnostního přelivu a spodní výpusti požerákového typu s dvojitou dlužovou stěnou vysokého 5,0 m. Tloušťka železobetonové stěny požeráku je konstantní 200 mm, ale v přisypané části je vnější povrch stěny opatřen sklonem 10:1 pro lepší dohutnění zeminy. V přední části jsou umístěny U profily pro česle, popř. pro provizorní hrazení. Dluže mají rozměr 860x200x30 mm a jsou dubové. Prostor mezi dlužovými stěnami bude vyplněný jílovitou zeminou, z důvodu lepšího utěsnění stěny. Manipulační prostor ve SV je 800x800 mm. Přístup do něj je možný z lávky po žebříku pod kovovým poklopem nebo přes spadiště výtokovým otvorem o rozměrech 600x600 mm. Lávka je dřevěná, s kovovým zábradlím široká 0,8 m.

Druhou část sdruženého funkčního bloku tvoří bezpečnostní přeliv. Ten se skládá z přelivné hrany dlouhé 17 m, s poloměrem zaoblení 200 mm. Výška přelivného paprsku při maximální hladině je 0,4 m. Kóta přelivné hrany je 572,1 m n. m. Šířka spadiště je 2 m, a délka 8,5 m. Dno spadiště je vedeno ve sklonu 2 % a je opevněno kamenem do betonu. Spadiště navazuje na hrázovou část, která bezpečně převede průtok $19 \text{ m}^3/\text{s}$ ($2 \cdot Q_N$) tělesem hráze. Tlumení energie je navrženo jako bezvývarové. To znamená, že na místo vývaru pokračuje odtok umělým korytem se zvýšenou drsností povrchu (kámen do betonu). Délka koryta se zvýšenou drsností je 20 m a šířka ve dně 2 m. Dále voda pokračuje v trase původního, neupraveného koryta. V ose hráze je sdružený funkční blok opatřen žebry, která chrání celou konstrukci proti promrzání. Žebra mají rozměry v úrovni základové spáry 2x2 m a jsou, stejně jako celá konstrukce BP, ve sklonu 10:1. Důležité je při výstavbě zajistit aby byl výsledný povrch rovný, čistý a hladký. Nezajištění těchto vlastností spolu se špatným zhutněním okolní zeminy může vést ke vzniku privilegovaných průsakových cest, což je příčinou častých poruch.

2.2.3 Zátopa

Před samotnou začátkem stavby bude v oblast zátopy sejmuta ornice o mocnosti 0,3 m. Budou odstraněny veškeré stávající stromy a keře, lemující koryto potoka. Díky těžbě materiálu na stavbu hráze bude ze zemníku uloženého v zátopě odebírána zemina. Tím dojde k objemovému navýšení kapacity budoucí nádrže. Těžbou však nedojde k vytvoření lokálních depresí a dno bude vyspárováno směrem do hlavní odvodňovací stoky. Ta má v profilu lichoběžníkový tvar se šířkou ve dně 1 m a sklony svahů 1:2. Hloubka stoky je rovněž jeden metr. Upravená hlavní stoka vede v trase původního koryta potoka a její průměrný sklon je 1 %. V zátopě se také nachází litorální zóna, která disponuje malou hloubkou a mírnými svahy. Její plocha zabírá asi 20 % nádrže, což je dobře vidět v přiložené přehledné situaci.

2.3 HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

2.3.1 Výběr místa

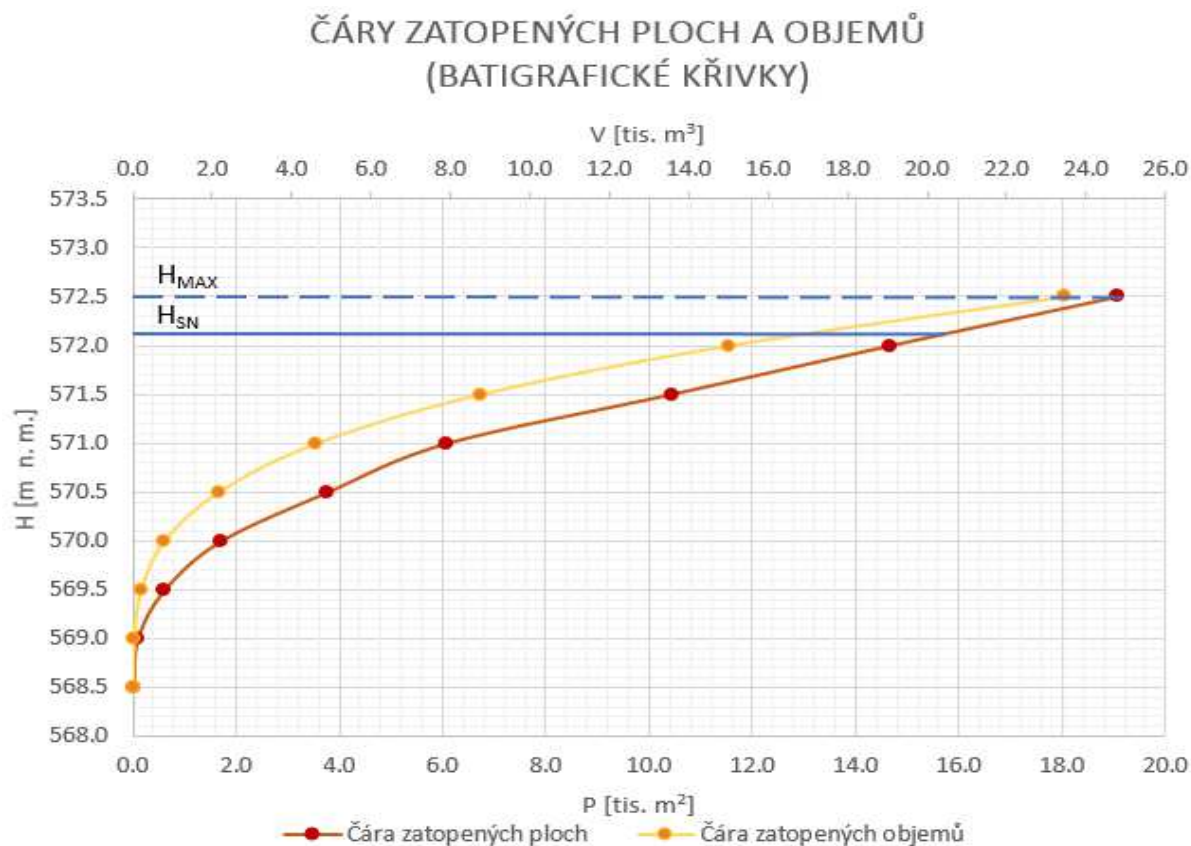
Vhodný výběr místa je jedna z nejdůležitějších věcí, při návrhu vodní nádrže a má na něj vliv řada faktorů. Vhodnost můžeme kvantifikovat z hlediska ekonomické výhodnosti tzv. absolutním objemovým ukazatelem η , který vyjadřuje poměr zásobního objemu nádrže, ku objemu hráze.

$$\begin{aligned}\eta &= V_Z / V_H \\ \eta &= 16500 / 2780 \\ \eta &= 5,94\end{aligned}\tag{2.3.1}$$

Hodnota absolutního ukazatele η by neměla klesnout pod hodnotu 4.

2.3.2 Funkční objemy nádrže

Rozdělení objemů v nádrži vychází z požadavků na funkce, kterou má v budoucnu nádrž plnit. Objem navržené nádrže se dá rozdělit na dva dílčí objemy a to na objem zásobní, který sahá ode dna nádrže až po korunu bezpečnostního přelivu a na objem retenční, jenž je zdola omezen kótou hrany bezpečnostního přelivu a zhora kótou maximální hladiny. V součtu tyto objemy dají maximální objem nádrže. Závislost zatopené vodní plochy a příslušného objemu na výšce hladiny v nádrži, která je zobrazena jako konkrétní nadmořská výška, udávají čáry zatopených ploch a objemů (batygrafické křivky), které můžete vidět na obrázku 2.3.2.



Obr. 2.3.2: Čáry zatopených ploch a objemů

Průměrná hloubka vody v nádrži H_s je dána poměrem zásobního objemu a plochy hladiny při stálém nadržení.

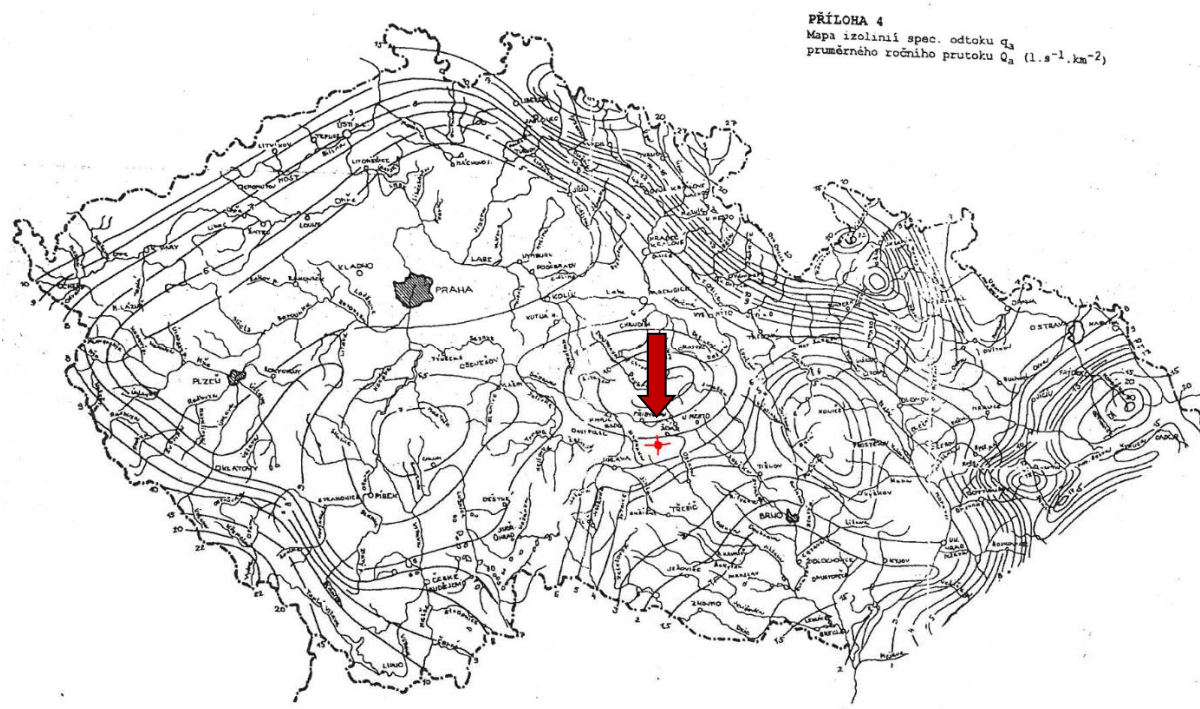
$$\begin{aligned} H_s &= V_Z / S_Z \\ H_s &= 16500 / 15700 \\ H_s &= 1,05 \text{ m} \end{aligned} \quad (2.3.2)$$

2.3.3 Vodohospodářská bilance

Vodohospodářská bilance je součástí vodohospodářského řešení nádrže. Jedná se o velmi složitý proces. Detail a kvalita zpracování je závislá na řadě faktorů, zejména na vodohospodářské funkci nádrže a na stupni projektové dokumentace. V rámci této kapitoly vyřešíme nejprve přítok vody do nádrže, následně hydrologické ztráty a nakonec minimální zůstatkový průtok. Porovnáním dostaneme příslušné objemy v měsíčním cyklu.

Přítok

Z obrázku 2.3.3.1 byla odečtena hodnota specifického průměrného ročního odtoku $q_a = 6 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Po přenásobení plochou povodí $3,94 \text{ km}^2$ dostaneme hodnotu průměrného ročního průtoku povodí $Q_a = 18,91 \text{ l/s}$ v uvažovaném profilu.



Obr. 2.3.3.1: Mapa izolinií průměrného specifického odtoku q_a

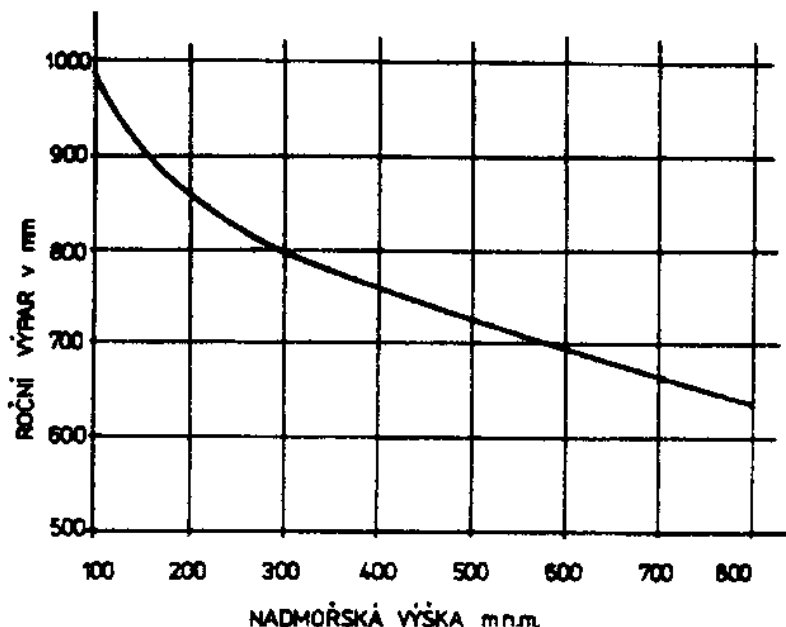
Dále je nutný přepočít na průtok v suchém roce, přičemž suchý rok nastane, pokud bude průměrný roční průtok splněn s pravděpodobností $P = 80\%$. Na základě vypočítané hodnoty koeficientu variace $c_v = 0,46$ a odečtené hodnoty koeficientu $\Phi = 0,85$ z tabulek Foster-Rybkin stanovíme hodnotu průměrného ročního průtoku v suchém roce Q_{P80} .

$$\begin{aligned} Q_{P80} &= (\Phi \cdot c_v + 1) \cdot Q_a & [\text{l} \cdot \text{s}^{-1}] & \quad (2.3.3.b) \\ Q_{P80} &= 26,32 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \end{aligned}$$

Objem vody, která do nádrže přiteče za jeden rok, činí 830 tis. m³.

Ztráta výparem

Hodnota ztráty výparem z volné hladiny je počítána pro hladinu odpovídající 70% naplnění zásobního prostoru. Velikost plochy při 70% Vz je asi 10 140 m². Průměrný roční výpar (705 mm/rok) v nadmořské výšce 572,0 m n. m. byl určen z níže uvedeného normogramu. Časové rozložení srážek do jednotlivých měsíců je uveden v příloze B, ČSN 75 2410.



Obr. 2.3.3.2: Normogram výparu z ČSN 75 2410

Tab. 2.3.3.1: Poměr ročního výparu v jednotlivých měsících

| měsíc | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | rok |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| % | 2 | 2 | 4 | 6 | 11 | 14.5 | 18 | 17 | 11.5 | 7 | 4 | 3 | 100 |
| mm | 14.1 | 14.1 | 28.2 | 42.3 | 77.6 | 102.2 | 126.9 | 119.9 | 81.1 | 49.4 | 28.2 | 21.2 | 705.0 |
| m ³ | 143.0 | 143.0 | 285.9 | 428.9 | 786.4 | 1036.6 | 1286.8 | 1215.3 | 822.1 | 500.4 | 285.9 | 214.5 | 7148.7 |

Ztráta průsakem

Pro stanovení ztráty průsakem bylo třeba spočítat hodnotu ztráty průsakem hrází a hodnotu ztráty průsakem pod hrází. Následující postup platí pro homogenní hráz na propustném podloží.

a) průsak q_1 homogenní hrází

Při výpočtu průsaku vycházíme z úvahy, že při průsaku dochází k rovnoměrnému ustálenému proudění. Specifický průsak q_1 se spočítá podle následujícího vztahu.

$$q_1 = K \cdot \frac{H^2}{2L} \quad [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}] \quad (2.3.3.b)$$

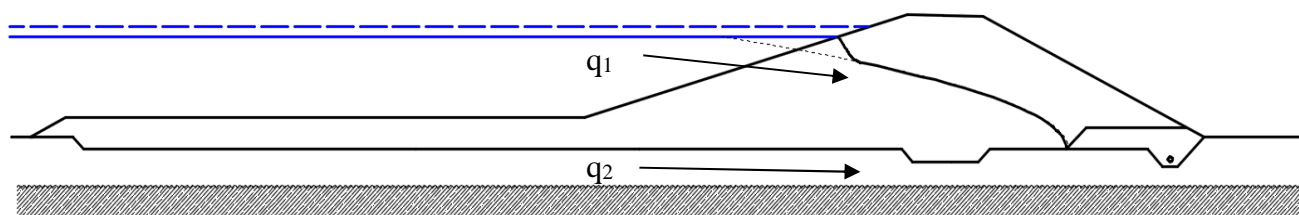
Kde K je součinitel hydraulické vodivosti zeminy hráze [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$], H je výška vody v nádrži [m] a L je délka průsakové křivky [m]. Součinitel hydraulické vodivosti pro použitou zeminu (CS - písčité jílo) je $1 \cdot 10^{-7}$ [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$], H = 4,1 m a L = 12,52 m. $q_1 = 6,71 \cdot 10^{-8}$ metrů krychlových vody za sekundu na jeden metr délky hráze.

b) průsak q_2 propustným podložím

$$q_2 = K_p \cdot \frac{H}{B} \cdot \frac{D}{a} \quad [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}] \quad (2.3.3.c)$$

K je součinitel hydraulické vodivosti podloží hráze $[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$, H je výška vody v nádrži $[\text{m}]$, B šířka hráze v základové spáře $[\text{m}]$, D je mocnost propustného podloží $[\text{m}]$, a je součinitel zakřivení trajektorie prosakující vody. Součinitel a je závislí na poměru B/D a při poměru 15 nabývá hodnoty 1,16. Součinitel hydraulické vodivosti pro podloží hráze se spočítal váženým průměrem $K_p = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Celkový průsak q je dán součtem q_1 a q_2 .



Obr. 2.3.3.3: Průsaková křivka hráze, průsak hrází q_1 , průsak podloží hráze q_2

$$q = 2,95 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$$

Přenásobením délkou hráze (75,16 m) dostaneme hodnotu průsaku $Q_{\text{průsak}} = 2,22 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, což je asi 700 m^3 za rok.

Minimální zůstatkový průtok O_p

Tento průtok je nutné dodržet v korytě pod nádrží. Stanoven je podle metodiky AOPK a vychází z Q_{355} . V našem případě má O_p hodnotu 5,5 $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$.

Výsledek vodohospodářské bilance přehledně vystihuje tabulka, která ukazuje přítok vody do nádrže, odtok vody z nádrže a počítané hydrologické ztráty.

Tab. 2.3.3.1: Vodohospodářská bilance

| měsíc | přítok | odtok | výpar | průsak | Zm |
|-------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | [tis. m^3] | [tis. m^3] | [tis. m^3] | [tis. m^3] | [tis. m^3] |
| IV | 116.19 | 14.26 | 0.38 | 0.06 | 101.50 |
| V | 62.25 | 14.73 | 0.70 | 0.06 | 46.75 |
| VI | 41.50 | 14.26 | 0.93 | 0.06 | 26.26 |
| VII | 53.95 | 14.73 | 1.15 | 0.06 | 38.01 |
| VIII | 41.50 | 14.73 | 1.09 | 0.06 | 25.62 |
| IX | 37.35 | 14.26 | 0.74 | 0.06 | 22.30 |
| X | 53.95 | 14.73 | 0.45 | 0.06 | 38.71 |
| XI | 62.25 | 14.26 | 0.26 | 0.06 | 47.68 |
| XII | 62.25 | 14.73 | 0.19 | 0.06 | 47.26 |
| I | 70.55 | 14.73 | 0.13 | 0.06 | 55.63 |
| II | 103.74 | 13.31 | 0.13 | 0.05 | 90.26 |
| III | 124.49 | 14.73 | 0.26 | 0.06 | 109.45 |

Vzhledem k tomu, že přítok vody do nádrže je větší než vypočítané ztráty, můžeme prohlásit, že nádrž zajistí minimální zůstatkový průtok v průběhu celého roku. Z tabulky je navíc patrné, že hodnoty Z_m jsou vždy větší než $V_z = 15\,000\text{ m}^3$. Z toho plyne, že nádrž bude celý rok plná.

2.3.4 Spodní výpust

Spodní výpust je součástí sdruženého funkčního bloku. Je tvořena uzavřeným požerákem s dvojitou dlužovou stěnou. Voda dále odtéká o volné hladině otevřeným korytem, které zároveň slouží jako spadiště a skluz bezpečnostního přelivu. Výpočet spodní výpusti se dělí na dvě části:

1) Přepad přes dlužovou stěnu

Průtočná kapacita se počítá jako přepad přes ostrou hranu podle vztahu:

$$Q = m \cdot b_0 \sqrt{2g} \cdot h^{3/2} \quad [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$$

(2.3.4.a)

Kde m je součinitel přepadu přes ostrou hranu a pro výšku přepadového paprsku $h = 0,2\text{ m}$ nabývá hodnoty 0,419.

návrh šířky dlužové stěny b_0 .

$$b_0 = b - 2 \cdot K_v \cdot h \quad [\text{m}] \quad (2.3.4.b)$$

$$b = 0,8\text{ m}$$

$$K_v = 0,08 \text{ při } b = 0,8\text{ m a ostré nátokové hraně } (K_{v0} = 0,1)$$

$$b_0 = 0,77\text{ m}$$

Když dosadíme do vztahu (2.3.4.a), dostaneme hodnotu $Q = 0,13\text{ m}^3 \cdot \text{s}$

2) Průtok diafragmou

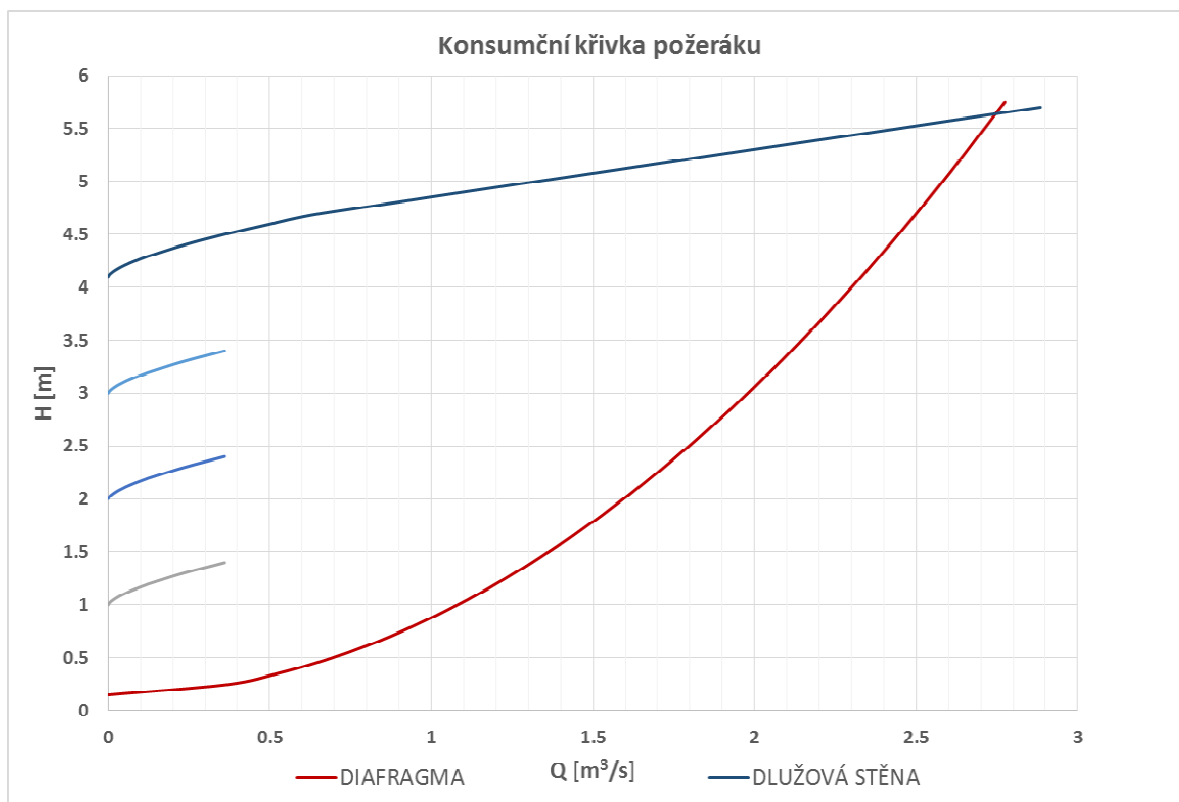
$$Q = \mu \cdot S \sqrt{2gH} \quad [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (2.3.4.c)$$

μ je součinitel výtoku [-], který zohledňuje jednotlivé součinitele místních ztrát, konkrétně:

součinitel místní ztráty na vtoku $\xi_1 = 0,5$
v rozšíření $\xi_2 = 0,25$
na česlích $\xi_3 = 0,1$

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \xi_i}} = 0,74 \quad [-] \quad (2.3.4.d)$$

Plocha otvoru $S = 0,6 \cdot 0,6\text{ m} = 0,36\text{ m}^2$. Po dosazení do vztahu (2.3.4.c) pro výtoku otvorem dostaneme, že $Q = 2,10\text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.



Obr. 2.3.4: Konsumční křivka požeráku

Z obrázku je vidět, že i při $H_{\max} = 4,5$ m je limitujícím průtokem přepad přes dlužovou stěnu.

2.3.5 Bezpečnostní přeliv

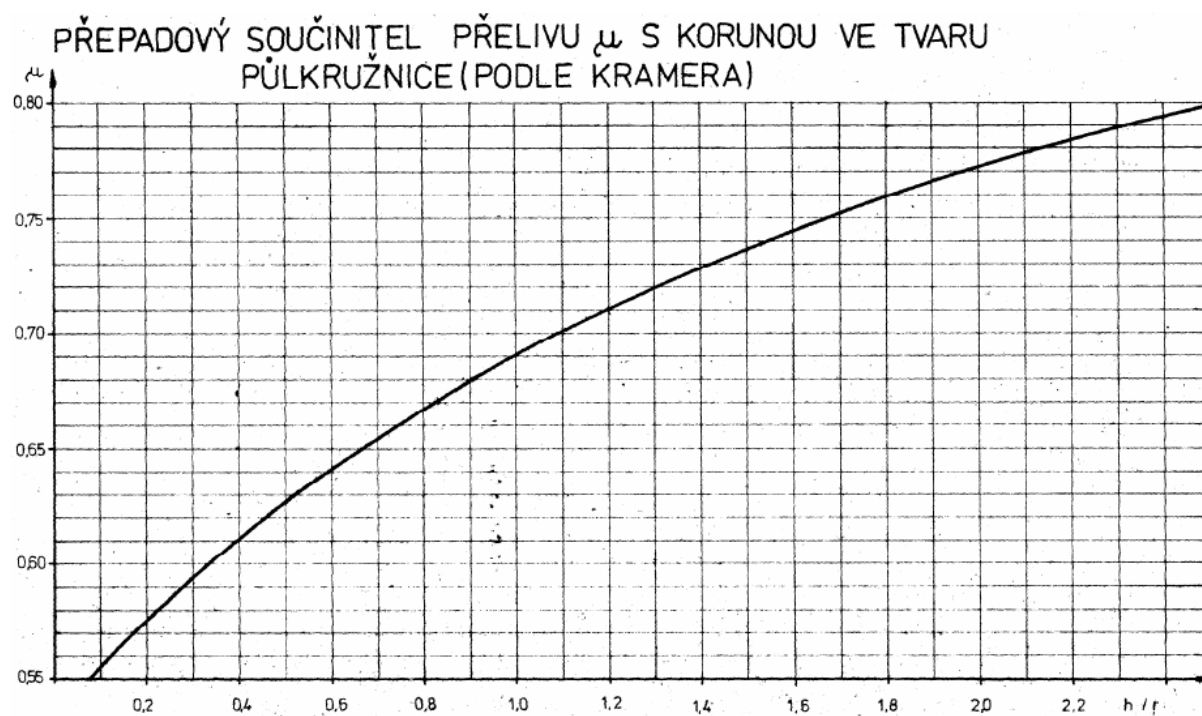
Bezpečnostní přeliv je součást sdruženého funkčního bloku a je dimenzován na kulminační průtok $Q_{100} = 9,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Přelivná hrana

Nejprve je potřeba spočítat délku přelivné hrany b_0 vyjádřenou ze vzorce (2.3.4.a)

$$b_0 = \frac{Q}{m \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{3/2}} \quad [\text{m}] \quad (2.3.5.a)$$

Kde m je přepadový součinitel spočítaný podle vztahu pro zaoblenou přelivnou hranu $m = 2/3 \cdot \mu$. μ se odečte z normogramu pro korunu ve tvaru půlkružnice (podle Kramera). Pro přepadový paprsek výšky $h = 0,4$ m a poloměr zaoblení přelivné hrany $r = 0,2$ m odpovídá přepadový součinitel hodnotě 0,772.



Obr. 2.3.5.1: Normogram pro přepadový součinitel μ (podle Kramera)

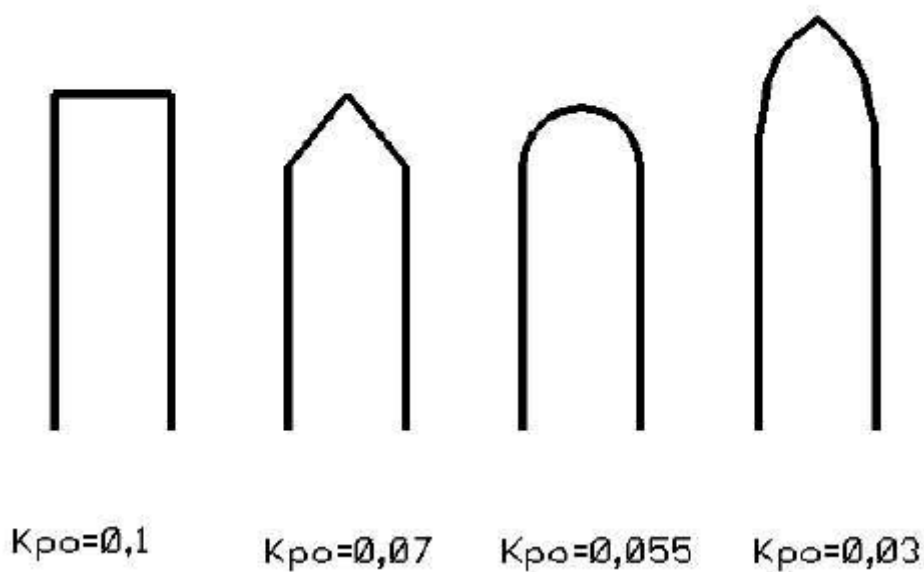
Po dosazení do vztahu (2.3.4.b) dostaneme

$$b_0 = 16,47 \text{ m}$$

Pro upřesnění účinné délky přelivné hrany, započítáme i vliv kontrakcí

$$b' = b_0 + n \cdot K_{po} \cdot h$$

kde n je počet kontrakcí (v našem případě dvě u návodního líce a dvě u požeráku) a součinitel tvaru pilířů $K_{po} = 0,1$.



Obr. 2.3.5.2: Součinitel tvaru pilířů K_{po}

$b' = 16,63 \text{ m}$

Konstrukční délka $b = 17 \text{ m}$

Spadiště

Opevnění návodního líce hráze bude do vzdálenosti $l = 5 h_p$ od přelivné hrany. $l = 2,0 \text{ m}$ a převýšení opevnění bude až po korunu hráze, tedy $0,5 \text{ m}$.

V dalším kroku je nutné navrhnout parametry spadiště. Při tomto návrhu byly dodrženy následující podmínky:

$$B_{sp} = 2 \text{ m} > 4h_p = 1,6 \text{ m}$$

$$B_{sp} / L_{sp} = 4.25 > 2$$

$$H_{sp} = 4,1 \text{ m} > 2h_k = 2,64 \text{ m}$$

Kde B_{sp} je šířka spadiště [m], L_{sp} je délka spadiště [m], h_p je výška přepadového paprsku ($0,4 \text{ m}$) a h_k je kritická hloubka na konci spadiště [m], počítána ze vztahu:

$$h_k = \sqrt[3]{\frac{\alpha \cdot Q_{100}^2}{g \cdot b_{sp}^2}} \quad [\text{m}] \quad (2.3.5.b)$$

Kde α je coriolisovo číslo a uvažujeme hodnotu $1,0$.

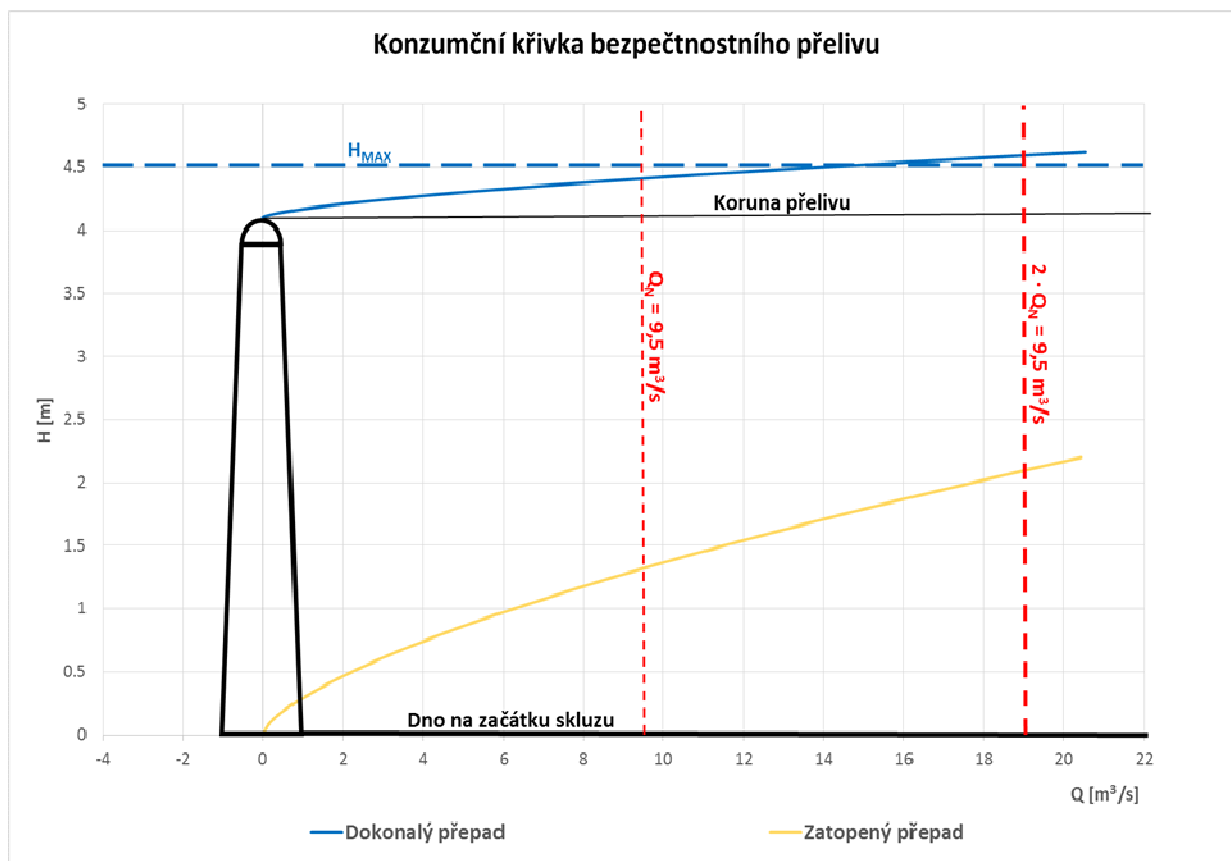
$h_k = 1,32 \text{ m}$, při zvoleném nadkritickém sklonu 2% a hodnotě Manningova drsnostního součinitele $n = 0,017$.

Hrázová část

V hrázové části je nutné zajistit, aby skluz převedl dvojnásobek návrhového průtoku, což odpovídá $19,00 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Hloubka skluzu v této části je přes 4 m a $2 \cdot Q_N$ převede již při výšce hladiny $1,58 \text{ m}$. Ve výpočtu se uvažuje s hodnotami sklonu dna skluzu $0,02$ a součinitelem drsnosti povrchu $n = 0,017$.

Tab. 2.3.5.: Charakteristiky výpočtu

| h | s | O | R | C | v | $2 \cdot Q_N$ |
|-------------|------------------------|-------------|-------------|--------------|---------------------------|---------------------------------------|
| [m] | [m²] | [m] | [-] | [-] | [m·s⁻¹] | [m³·s⁻¹] |
| 1.58 | 3.17 | 5.17 | 0.61 | 54.21 | 6.00 | 19.00 |



Obr. 2.3.5.3: Konzumní křivka bezpečnostního přelivu

Na obrázku 2.3.5.3 můžeme vidět, že při návrhovém průtoku $2 \cdot Q_N$ nastane dokonalý přepad.

2.3.6 Délka předsunutého těsnícího koberce

Při návrhu délky předsunutého zemního těsnícího koberce je rozhodujícím parametrem střední hodnota hydraulického gradientu J . Tato veličina je poměrem hloubky vody v nádrži H a délky průsakové dráhy L . V tabulce 2.3.6. můžeme vidět možné hodnoty přípustných středních hydraulických gradientů dle různých autorů.

Tab. 2.3.6: Přípustné střední hydraulické gradienty (J.Říha)

| Charakteristika zeminy | k [m/s] | Čugajev | Bligh | Lane | Zamarin |
|------------------------|-----------|---------|-------|------|---------|
| Velmi jemný písek | 10^{-5} | - | 0,06 | 0,12 | 0,08 |
| Jemný písek | 10^{-4} | 0,10 | 0,07 | 0,14 | 0,10 |
| Písek s příměsí štěrku | 10^{-3} | 0,15 | 0,08 | 0,17 | 0,12 |
| Štěrku s příměsí písku | 10^{-2} | 0,25 | 0,11 | 0,25 | 0,14 |
| Štěrku | 10^{-1} | | 0,20 | 0,30 | 0,16 |

Pro hladinu stálého nadržení (4,1 m) podle Čugajeva vyplívá:

$$0,25 = 4,1 / L_{\text{MIN}}$$

$$L_{\text{MIN}} = 16,4 \text{ m}$$

3 ZÁVĚR

Mezi zásadní faktory omezující návrh malé vodní nádrže v k.ú. obce Poděšín patří problematický geologický profil, v centrální části údolí tvořený fluviálními zeminami. Byly zpracovány čtyři varianty vzorového příčného řezu hráze (zavazovací zámek do podloží, železobetonový těsnicí prvek, předsunutý zemní těsnicí koberec, injekční clona nasazená na sutě) a posouzena jejich vhodnost.

Nejvhodnějším řešením se jeví varianta sypané homogenní zemní hráze s předsunutým zemním těsnicím kobercem. Ten bude umístěn v oblasti naplavených kamenitých sutí, aby prodloužil průsakovou křivku a zpomalil tak průsakovou rychlost na přípustnou hodnotu. Tloušťka koberce je konstantní 0,7 m po jeho délce, která se prodlužuje s rostoucí hloubkou vody v nádrži. Materiál na stavbu hráze (písčité jíl) bude těžen přímo v zátopě. Z důvodů morfologie terénu a omezení nádrží výše po toku byla koruna hráze umístěna v nadmořské výšce $H = 573,00$ m n. m.

Spodní výpusť je řešena jako uzavřený požerák s dvojitou dlužovou stěnou, který je sloučen do sdruženého funkčního objektu s kašnovým bezpečnostním přelivem. Bezpečnostní přeliv je dimenzován na průtok Q_{100} , tedy na bezpečné převedení stoleté povodňové vlny.

Nádrž je vhodná k využití jako lokální biocentrum s krajinotvornou funkcí, zlepšující odtokové poměry na Poděšínském potoce a zaručující minimální zůstatkový průtok po celý rok. Pozitivně by také ovlivnila chod splavenin. Vedlejším využitím se nabízí také drobný rybochov s možností rekreačního rybolovu, který by mohl napomoci současnému turistickému zájmu. Co se týče funkce protipovodňové ochrany, má nádrž k dispozici pouze retenční prostor neovladatelný I ten má však nezpochybnitelný transformační efekt. Během zvýšených průtoků se tedy nedá manipulovat s vodní hladinou. Po vyhodnocení podkladů a prohlídce lokality jsme usoudili, že návrh malé vodní nádrže bude možné realizovat.

4 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] . KOSTOMAROV, Boris. *Rybářství*. Praha: SZN, 1958, 353 s.
- [2] ŠÁLEK, Jan, Zdeněk MIKA a Anna TRESOVÁ. *Rybníky a účelové nádrže*. Praha: SNTL, 1989. ISBN 80-03-00092-0.
- [3] KŘIVÁNEK, Jiří, Jan NĚMEC a Jan KOPP. *Rybníky v České republice*. Praha: Consult, 2012, 303 s. ISBN 978-80-903482-9-5.
- [4] HAUBELT, Josef. *Jakub Krčín z Jelčan*. Praha: Rodiče, 2003, 192 s. ISBN 80-86695-18-2.
- [5] *Rybníky a účelové nádrže: Modul 01*. Brno, 2007. Studijní opory. VUT v Brně. Vedoucí práce Petr Doležal.
- [6] ČSN 75 2410: *Malé vodní nádrže*. In: . Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011, ročník 2011, číslo 87803, s. 48
- [7] CHLUPÁČ, Ivo. *Geologická minulost České republiky*. Praha: Academia, 2002, 436 s. ISBN 80-200-0914-0
- [8] PAVLICA, Jan. *Malé vodní nádrže a rybníky*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1964. ISBN 04-748-64.
- [9] *Obec Poděšín: Územní plán obce Poděšín*. 0804. Žďár nad Sázavou: Odbor rozvoje a územního plánování, 2009.
- [10] TLAPÁK, Václav, HERYNEK, Jaroslav. *Malé vodní nádrže*. MZLU Brno. 1.Vyd. 198s. 2002. IBSN 80-7157-635-2
- [11] POKORNÝ, Josef. *Vodní hospodářství: stavby v rybářství*. 1. Praha: Informatorium, 2009. ISBN 978-80-7333-071-2.
- [12] VRÁNA, Karel. *Rybníky a účelové nádrže*. 3. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2013, 150 s. ISBN 978-80-01-04002-7.
- [13] Zákon č. 334/1992 Sb. *Zákon o ochraně zemědělského půdního fondu*

SEZNAM TABULEK

| | |
|--|-----------|
| Tab. 1.3: Přehled revitalizačních opatření a jejich účinky dle přílohy C, ČSN 75 2410 | 13 |
| Tab. 2.1.1.1: Průměrná měsíční teplota vzduchu t (1901-1950) [°C] | 15 |
| Tab. 2.1.1.2: Průměrný měsíční úhrn srážek (1901-1950) [mm]..... | 15 |
| Tab. 2.1.1.3: Průměrná měsíční relativní vlhkost a (1926-1950) [%] | 15 |
| Tab. 2.1.2.1: N-leté průtoky | 17 |
| Tab. 2.1.2.2: M-denní průtoky | 17 |
| Tab. 2.3.3.1: Poměr ročního výparu v jednotlivých měsících | 24 |
| Tab. 2.3.3.1: Vodohospodářská bilance | 25 |
| Tab. 2.3.5.: Charakteristiky výpočtu | 29 |
| Tab. 2.3.6: Přípustné střední hydraulické gradienty (J.Říha) | 30 |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--|-----------|
| Obr. 2.1.1.1: Zájmové území v mapě ČHMÚ | 14 |
| Obr. 2.1.1.2: Výstřižek z hlavního výkresu územního plánu obce | 16 |
| Obr. 2.1.2.1: Hydrogeologický rajón č. 6520 - Krystalinikum v povodí Sázavy | 17 |
| Obr. 2.1.2.2: Geologické sondy | 19 |
| Obr. 2.3.2: Čáry zatopených ploch a objemů | 22 |
| Obr. 2.3.3.1: Mapa izolinií průměrného specifického odtoku q_a | 23 |
| Obr. 2.3.3.2: Normogram výparu z ČSN 75 2410 | 24 |
| Obr. 2.3.3.3: Průsaková křivka hráze, průsak hrází q_1 , průsak podložím hráze q_2 | 25 |
| Obr. 2.3.4: Konsumční křivka požeráku | 27 |
| Obr. 2.3.5.1: Normogram pro přepadový součinitel μ (podle Kramera) | 28 |
| Obr. 2.3.5.2: Součinitel tvaru pilířů K_{po} | 28 |
| Obr. 2.3.5.3: Konsumpční křivka bezpečnostního přelivu | 30 |

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

| | | |
|-----------------|---------------------------------|--|
| $A \dots$ | plocha povodí | [ha; km ²] |
| $B_{sp} \dots$ | šířka spadiště | [m] |
| $h_k \dots$ | kritická hloubka | [m] |
| $h_p \dots$ | výška přepadového paprsku | [m] |
| $H_{sp} \dots$ | výška spadiště | [m] |
| $L_{sp} \dots$ | délka spadiště | [m] |
| $q_a \dots$ | specifický průměrný roční odtok | [l.s ⁻¹ .km ⁻²] |
| $Q \dots$ | průtok | [m ³ .s ⁻¹] |
| $Q_a \dots$ | dlouhodobý průměrný průtok | [m ³ .s ⁻¹] |
| $Q_m \dots$ | m-denní průtok | [m ³ .s ⁻¹] |
| $Q_N \dots$ | N-letý průtok; návrhový průtok | [m ³ .s ⁻¹] |
| $Q_{min} \dots$ | minimální zůstatkový průtok | [m ³ .s ⁻¹] |
| $V_z \dots$ | zásobní objem | [m ³] |

| | |
|----------|--|
| AOPK ČR | Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky |
| BP | bezpečnostní přeliv |
| B. p. v. | Balt po vyrovnání (výškový system) |
| ČHMÚ | Český hydrometeorologický ústav |
| ČSN | Česká státní norma |
| ČÚZK | Český úřad zeměměřický a katastrální |
| DN | jmenovitá světlost |
| EN | evidence nemovitostí |
| k.ú. | katastrální území |
| KN | katastr nemovitostí |
| KÚ | katastrální úřad |
| PD | projektová dokumentace |
| S-JTSK | systém jednotné trigonometrické sítě katastrální |
| SMO | státní mapy odvozené |
| SN | stálého nadržení |
| SV | spodní výpust |
| TNV | technická norma vodohospodářská |
| ZM | základní mapy |
| ZVHM | základní vodohospodářská mapa |

SEZNAM PŘÍLOH

1. Přehledná situace (M 1:1000)
2. Podrobná situace (M 1:200)
3. Podélný řez hrází (M 1:200/100)
4. Podélný řez zátopou (M 1:1000/100)
5. Vzorový příčný řez (M 1:100)

 Varianta A

 Varianta B

 Varianta C

 Varianta D

6. Příčné řezy hrází (M 1:100)